gestellt worden, zeigte im Wasser, das zu gefrieren anfängt, 28 Grad, die Wärme in den Kellern der Pariser Sternwarte 48, und die thierische Wärme 86 an.

Der Marchese **Poleni** gebrauchte bey seinen meteorologischen Beobachtungen ein Luftthermometer, das aber weniger Quecksilber enthielt, als **Amontons** seines. Nach **Martine** kommen 47 Zoll bey **Poleni** mit 51 bey **Amontons**, und 53 bey jenem mit 59¼ bey diesem überein.

In England hat man lange Zeit die Thermometer, nach einem bey der königlichen Societät aufbewahrten Normalthermometer von Weingeist, dessen Grade von oben herab gezählt waren, graduirt. Bey Null stand **sehr warm**, bey 25 **warm**, bey 45 **gemäßigt**, bey 65 **Gefrierung**. **Martine** fand die Null mit 89 nach **Fahrenheit**, und 34½ Grad mit 64 nach **Fahrenheit** zusammentreffend.

Auch die in den englischen Gewächshäusern üblichen Fowlerischen Thermometer werden nach einem Normalthermometer graduirt. Die Null derselben steht bey der Temperatur der Luft, die **weder warm noch kalt** ist. Nach **Martine** stehen sie im thauenden Schnee auf 34 unter Null, und bey Fahrenheits 64 auf 16 über Null.

D. **Hales** bedient sich in seinen vegetable statiks eines Thermometers, welches am Eispunkte Null, und bey der Temperatur des geschmolzenen Wachses, das zu gestehen anfängt (welche nach **Martine** 142 Grad nach **Fahrenheit** ist), auf 100 stehet.

In den Edinburgischen Medical Essays werden die meteorologischen Beobachtungen nach einem Thermometer angegeben, welches von einem willkührlichen Punkte aus, in Zolle und Zehntheile abgetheilet ist. Nach **Martine** steht es im schmelzenden Schnee auf 8,2, bey der Wärme des menschlichen Blutes auf 22,2 Linien.

Im Jahre 1740 gab Micheli Dücrest aus Genf *) eine neue Einrichtung des Thermometers an. Er nahm zwey besondere Materien der Wärme und Kälte an, welche sich in Ansehung ihrer Wirkungen gegen einander im Innern der Erde völlig aufhöben, daher die Temperatur der Erdkugel bey ihm Null wird. Diese Temperatur bemerkte er in den Kellern der Pariser Sternwarte, hielt sie an allen unterirdischen Orten für einerley, und nannte sie, gemäßigt. Der andere feste Punkt war die Siedhitze des Wassers. Damit nun der Weingeist diese Temperatur annehmen müßte, ohne daß er herausliefe, ließ er Luft über selbigem, und schmolz oben eine kleine Kugel an, damit die Luft beym höchsten Stande des Weingeistes nicht zu sehr zusammengedrückt würde. Auf solche Art half er in der That einen der größten Fehler der vorigen Weingeistthermometer ab, worinn der Liquor weit unter der Siedhitze des Wassers geblieben war. Den Abstand zwischen beyden Punkten theilte er in 100 Wärmegrade ein, und trug unter die Null gleiche Grade der Kälte.

Alle diese angeführten Thermometer waren Weingeistthermometer. Der Prof. Christin zu Lyon brachte am Quecksilberthermometer eine andere Eintheilung der Skale an, die viel Bequemlichkeit hat, er theilte nämlich den Abstand zwischen dem Frost- und Siedpunkte in 100 gleiche Theile. Indessen scheint Christin nicht sowohl selbst auf diese beyden festen Punkte, als vielmehr auf das Ausdehnungsverhältniß des Quecksilbers Rücksicht genommen zu haben, welches er zwischen beyden Punkten wie 66 : 67 annahm, so daß seine Grade eigentlich 6600 Theile des ganzen Volumens darstellen sollen.

Dage-

*) Description de la methode d'un thermomètre universel. à Paris 1748. 8 Recueil des pièces sur les baromètres et thermomètres. à Basle 1757. 4. Mich. Dücrest kleine Schriften von den Barometern und Thermometern, übers. von M. J. C. Thenn. 3te Aufl. Augsb. 1770. 8.

Dagegen behauptet der Prof. **Celsius** *) zu Upsala mit Recht als richtiger, bloß auf zwey feste Punkte, und nicht auf das Ausdehnungsverhältniß zu sehen, dessen genaue Bestimmung mit großen Schwierigkeiten verknüpft ist, und durch so mancherley Umstände eine Aenderung erleidet, daß man hieraus keine allgemeine Norm für alle Thermometer herleiten könne. Er setzet also voraus, vor allen Dingen die beyden festen Punkte des Eis- und Siedpunktes an jedem Thermometer genau zu bestimmen, und thut dann den Vorschlag, den Abstand zwischen beyden in 100 gleiche Theile zu theilen. Die schwedischen Gelehrten sind ihm hierin gefolget, und es heißt auch daher diese bequeme Theilung in 100 Grade die **schwedische Skale**, auch die **Skale des Celsius** oder **Christin**.

Jetzt ist man nun allgemein übereingekommen, die Temperatur des zergehenden Schnees oder den natürlichen Gefrierpunkt, und die Temperatur des siedenden Wassers oder den Siedpunkt für die beyden festen Punkte der Thermometerskale anzunehmen. Diese beyden Punkte werden an jedem Thermometer durch unmittelbare Versuche bestimmt, und ihr Abstand, der **Fundamentalabstand, Fundamentalraum** (distantia fundamentalis, intervallum fundamentale) wird in eine Anzahl gleiche Theile, unter dem Nahmen **Thermometergrade** abgetheilet.

Die Anzahl dieser Theile, so wie auch der Anfang ihrer Zählung, ist an sich willkührlich, wenn sich nur darüber ordentlich und bestimmt ausgedrückt wird. Setzt man die Anzahl der Theile 180, und schreibt an den Eispunkt 32, und an den Siedpunkt 212, so hat man das Fahrenheitsche Thermometer; nimmt man die Anzahl derselben 150, und zählet die Grade von oben herab, so gibt dieß das de l'Islische Thermometer; ist die Anzahl 80, und zählet von unten hinauf, so erhält man das Reaumürische Thermometer, oder eigentlich das Quecksilberthermometer von

*) Von zween beständigen Graden auf dem Thermometer a. d. schwed. Abhandl. 1742. S. 197.

80 Graden; nimmt man endlich die Anzahl der Theile 100, so gibt dieß Christins oder Celsius Thermometer. Alle diese Thermometer sind in diesem Sinne einerley, nur ihre Skalen sind von einander verschieden.

Diese angeführten Skalen sind jedoch bey weitem noch nicht alle, es gibt vielmehr dergleichen noch in sehr großer Menge. Man hat sich die Freyheit genommen, beynahe zu jeder besondern Anwendung des Thermometers, demselben eine eigene Skale zu geben. So machte sich de Lüc (m. s. Barometer, Höhenmessung) zwey neue Skalen, die eine zur Berichtigung des Barometerstandes wegen des Einflusses der Wärme aufs Quecksilber, und die andere zur Berichtigung der berechneten Höhen wegen der Temperatur der Luft. Die erste dieser Skalen muß wieder für jede andere Barometerhöhe verhältnißmäßig verändert werden.

Die Vervielfältigung der Skalen ist der Physik keinesweges einträglich; sie veranlaßt nur noch mehrere Verwirrungen, da schon ohnehin, wie aus dem bisher Angeführten erhellet, eine Zweydeutigkeit unter den Thermometern herrscht. Die Absicht, welche man dadurch zu erreichen glaubt, läßt sich allemahl sicherer und weit geschwinder durch eine leichte Rechnung erhalten, ohne deßwegen eine neue Sprache einzuführen.

Weil die Absicht, die man durchs Thermometer zu erhalten sucht, dahin gehet, die Grade der fühlbaren Wärme zu bestimmen, so wird natürlich die Güte eines solchen Werkzeuges vorzüglich davon abhängen, daß die Ausdehnung des Liquors in eben dem Verhältnisse zu- oder abnehme, in welchem die Wärme zu- oder abnimmt; und daß sie selbst bey der geringsten Veränderung der Wärme bemerkbar wird. Hier muß es also bloß die Erfahrung entscheiden, welche flüssige Materie solche Eigenschaften besitzet, und folglich zur Füllung des Thermometers am schicklichsten ist. Schon Halley *) schlug statt des Weingeistes, womit

*) Philosoph. Transact. n. 197. p. 650.

womit die Florentiner Akademisten ihre Thermometer füllten, im Jahre 1680 Luft oder Quecksilber vor, weil der Weingeist mit der Zeit die Fähigkeit, sich auszudehnen, verliere. Fahrenheit brachte den Vorschlag, Quecksilber zu brauchen, seit 1714 mit gutem Glücke in Ausführung, und einige der größten Naturforscher gaben dieser Materie vor allen andern den Vorzug. Seitdem aber Reaumür mit seinem so gut graduirten Weingeistthermometer hervortrat, so theilten sich die Meinungen aufs neue wieder, und ob man gleich in England und Holland den Fahrenheitschen Thermometern den Vorzug gab, so erklärte man sich doch in Frankreich und Italien für das Weingeistthermometer, und der Weingeist fand an Dücrest [a]) einen starken Vertheidiger.

Auf der einen Seite hat der Weingeist vor dem Quecksilber gewisse Vorzüge. Seine Ausdehnung ist achtmahl stärker, als die des Quecksilbers, und beträgt vom Frost- bis zum Siedpunkte 0,121 des Volumens, da sie folglich beym Quecksilber nur 0,015 desselben ausmacht. Auch lassen sich die Thermometer mit dem Weingeiste viel leichter, und mit weit geringern Kosten, als mit dem Quecksilber füllen, und überdem ist man auch im Stande, demselben eine jede beliebige Farbe zu geben, wodurch sein Stand in der Röhre ungemein deutlich und ohne alle Anstrengung der Augen beobachtet werden kann u. s. f. Auf der andern Seite hingegen steht er dem Quecksilber weit nach. Herr de Lüc [b]) hat die entscheidendsten Vorzüge des Quecksilbers vor allen Flüssigkeiten dargethan, daß es sich gewiß der Mühe lohnet, das wesentlichste hierher Gehörige aus seiner Schrift kürzlich anzuführen.

Der erste und wichtigste Vorzug des Quecksilbers ist dieser, daß seine Ausdehnungen und Zusammenziehungen

 sehr

a) Description de la methode d'un thermomètre universel. à Paris 1742. 8.

b) Untersuchung über die Atmosphäre. Aus dem Franz. Th. I. S. 355. f.

sehr nahe dem Zunehmen und Abnehmen der freyen Wärme proportional sind. Diesen Satz zu erweisen, nimmt Herr de Lüc an, daß Materien, welche beym Gefrieren am Volumen größer werden, sich nicht verhältnißmäßig mit dem Abnehmen der Wärme verdichten können, und daß eben so wenig diejenigen Materien, welche in der Hitze stark ausdunsten, sich verhältnißmäßig mit der Zunahme der Wärme ausdehnen können. Die Ursache der Ausdehnung beym Gefrieren mag auch seyn, welche sie wolle, so fängt sich doch ihre Wirkung nicht mit dem Augenblicke des Gefrierens selbst an, sondern sie zeigt sich schon lange vorher, und ist mit dem ersten Grade der Verdichtung schon merklich. Man findet die Verdichtungen solcher Materien abnehmend, wenn man sie mit Verdichtungen anderer Materien, die erst später gefrieren, vergleicht. So verdichtet sich z. B. Wasser von gleicher Kälte weit weniger, als gesättigtes Salzwasser, welches später gefrieret; Baumöhl, welches sich beym Gerinnen zusammenziehet, wird stärker verdichtet, als der Weingeist, welcher sich beym Gefrieren ausdehnet. Auf eben diese Art muß auch die Ursache, die zuletzt das Kochen und Verdunsten bewirket, schon einige Zeit vor diesen Operationen wirksam seyn, und ihre Einwirkung muß nothwendig die Ausdehnungen durch gleiche Grade der Wärme stärker machen, als sie sonst seyn würden. Auch sind wirklich die Ausdehnungen der Oehle zunehmend in Vergleichung mit den Ausdehnungen des Quecksilbers, welches später kocht und verdunstet.

Aus diesen Betrachtungen zieht de Lüc nunmehr die Folge, daß diejenigen Materien, welche sehr spät verdunsten und kochen, sehr spät gefrieren, und beym Gefrieren sich nicht ausdehnen, zum Maße der Wärme sehr geschickt sind, nicht bloß deßwegen, weil sie die Fähigkeit weit länger besitzen, große Grade der Wärme und Kälte anzugeben, sondern auch vorzüglich darum, weil sie mehr und länger, als andere Materien, von den Einwirkungen

frey

fen bleiben, die in der Hitze und Kälte den Gang unregelmäßig machen, und sein richtiges Verhältniß zu den eigentlichen Veränderungen der Wärme selbst stören.

Es ist nun bekannt, daß das Quecksilber später kocht und verdunstet, als andere gewöhnlich flüssige Materien; und in Ansehung seines Gefrierens folgert de Lüc aus Brauns Versuchen, daß es sich 1) dabey nicht ausdehne, 2) erst bey einer ungemein grossen Kälte gefriere, und 3) bis zum Gefrieren selbst sich regelmäßig verdichte. Allein seit dieser Zeit hat man sorgfältigere Versuche über das Gefrieren des Quecksilbers angestellet, und gefunden, daß es weit eher gefriere, als man sonst wohl glaubte, und daß sich im Augenblicke des Gefrierens ein plötzliches Zusammenziehen ereigne. M. s. Gefrierung. Es müßten daher die Verdichtungen des Quecksilbers viel eher bey zunehmender Kälte stärker werden, als sie dem wahren Gange der Wärme gemäß seyn sollten. Diesen Versuchen zu Folge, würden nun zwar die 2) und 3) angegebenen Folgen Einschränkungen leiden; allein Herr de Lüc macht auch wahrscheinlich, daß die Ursache der Zusammenziehung beym Gefrieren plötzlich entstehe, und nicht so, wie die Ursache der Ausdehnung, schon vorher auf den Gang der Verdichtungen Einfluß habe, woraus denn folgt, daß eine Materie, deren Verdichtungen in Vergleichung mit allen andern Materien zunehmend sind, in ihrem Gange den Verhältnissen und Veränderungen der Wärme selbst am nächsten komme. Daß aber das Quecksilber wirklich eine solche Materie sey, beweiset Herr de Lüc in einer aus mühsamen Versuchen gezogenen Tabelle, wo der Gang des Quecksilberthermometers mit dem Gange von sechs andern, vom Baumöhl, Camillenöhl, Quendelöhl, Weingeist, Salzwasser und Wasser verglichen ist.

Alles dieß sucht nun Herr de Lüc durch unmittelbare Erfahrung zu bestätigen. Nach Renaldini's Vorschlage sollte die Bestimmung der Grade am Thermometer, in einer

Mischung aus kaltem und warmen Wasser geschehen, wie Wolf [a]) und Bülfinger [b]) anführen; auch hatte Herr le Sage zu Genf den Gedanken gehabt, das Thermometer mit der nöthigen Vorsicht in solche Mischungen zu bringen, und dadurch ein äquidifferentiales Thermometer, (dessen ungleiche Grade gleiche Unterschiede der wirklichen Wärme ausdrückten) zu verfertigen. Diesen Gedanken benutzte Herr de Lüc Er mischte gleiche Massen Wasser von ungleichen Temperaturen α und β, welche in der Mischung eine Temperatur $\frac{\alpha+\beta}{2}$ geben müssen (M. s. Wärme). Uebrigens kommt nichts darauf an, wenn auch die Grade α, β. keine absoluten Größen der Wärme ausdrücken; denn wenn die absoluten Größen selbst $z+\alpha$, $z+\beta$ wären, so wird doch die Wärme der Mischung wiederum $z+\frac{\alpha+\beta}{2}$ seyn: folglich bleiben die Resultate die nämlichen, nur daß überall noch einerley unbekanntes z hinzugesetzet werden müsse, wenn man absolute Größen der Wärme verlangt.

Wenn gleiche Wassermengen von 6 Grad und von 75 Grad Temperatur (nach dem Quecksilberthermometer von 80 Graden) mit einander vermischt werden, so sollte die Mischung 40,5 Grad Wärme halten; das Thermometer zeigte aber nur 39,2 Grade. Es war aber hierbey das heiße Wasser in das Gefäß des kältern gegossen worden, wodurch sich ein Theil Wärme dem Gefäße mittheilte, und ein Theil beym Ausgießen selbst verloren ging. Nachher ward das kältere Wasser von 5,2 Grade in das Gefäß des heißern von 75 Graden gegossen. Hier hätte die Mischung 40.1 Grade halten sollen; allein das Thermometer zeigte nur 39,3. Die wahre Wärme hatte sich hierbey um den halben Unterschied der Temperaturen $\left(\frac{75-5,2}{2}=34,9\right)$ abge-

a) Elementa aerometr. Lipſ. 1709. 12. p. 209 ſq.
b) Elementa phyſices. Lipſ. 1742. 8.

abgenommen; das Quecksilber hatte sich um mehr, als den halben Unterschied (75 — 39,3 = 35,7) verdichtet, und ihm blieb für die andere Hälfte Eis völlig zur kältern Temperatur weniger Verdichtung (39,3 — 5,2 = 34,1) übrig. Daraus folgt also, daß sich der Gang des Quecksilbers bey gleichen Verminderungen der Wärme wirklich abnehmend zeigt. Dieß, saget Herr de Lüc, bestätiget vollkommen, daß das Quecksilber in seinem Gange den Veränderungen der Wärme selbst näher kömmt, als andere Materien. Denn da sein Gang in Vergleichung mit den Verdichtungen anderer Materien bey gleichen Veränderungen der Wärme zunehmend, in Vergleichung mit der Wärme selbst aber immer noch abnehmend ist, so müssen sich nothwendig alle bisher versuchte Materien vom Gange der Wärme selbst noch mehr, als das Quecksilber, entfernen.

Herr de Lüc geht noch weiter. Die angeführten Versuche beweisen, daß der Gang des Quecksilbers von dem der Wärme nur sehr wenig abweichet. Das mittlere Resultat der Wärme, welche das Thermometer hätte zeigen müssen, sollte 40,3 Grade seyn, wenn seine Grade gleiche Theile der Wärme ausdrückten, es zeigte aber nur 39,3 Grade; hier war also eine Berichtignng wegen der Erkältung beym Ausgießen und wegen der Wärme des Gefäßes zu vermuthen. Der Gang der Oehle wich wiederum sehr wenig vom Gange des Quecksilbers ab, und aus der Vergleichung ergab sich, daß das wesentliche Camillenöhl bey der Temperatur der vorigen Mischung gerade eben so weit vom Quecksilber, als dieses selbst von der Wärme abging. De Lüc nahm daher den Gang dieses Oehls in Vergleichung mit dem Quecksilberthermometer für den Gang des letztern, in Vergleichung mit dem Gange der Wärme selbst an, und leitete daraus nach wiederholter Prüfung mehrerer Versuche folgende Tabelle ab, wo die unbekannt bleibende Wärme des thauenden Eises durch z ausgedrückt ist.

Quecksilbertherm. von 80 Grad		Wirkliche Wärme		Unterschiede der wirkl. Wärme
80 —	——	z + 80,00	—	
75 —	——	z + 75,28	—	4,72
70 —	——	z + 70,56	—	4,72
65 —	——	z + 65,77	—	4,79
60 —	——	z + 60,96	—	4,81
55 —	——	z + 56,15	—	4,81
50 —	——	z + 51,26	—	4,89
45 —	——	z + 46,37	—	4,89
40 —	——	z + 41,40	—	4,97
35 —	——	z + 36,40	—	5,00
30 —	——	z + 31,32	—	5,08
25 —	——	z + 26,22	—	5,10
20 —	——	z + 21,12	—	5,10
15 —	——	z + 15,94	—	5,18
10 —	——	z + 10,74	—	5,20
5 —	——	z + 5,43	—	5,31
0 —	——	z		5,43
				80,00

Folgende Tabelle zeiget, wie sich die übrigen flüssigen Materien verhalten. Sie gibt den Grad an, auf welchen die aus diesen Materien verfertigten Thermometer stehen, wenn das Quecksilberthermometer 38,6 Grade zeiget, mithin die wirkliche Wärme z + 40 ist. Auch ist dabey das Verhältniß ihrer Verdichtungen vom Siedpunkte bis zu z + 40 und von da bis zum Frostpunkte angegeben.

Materie der Thermometer	Stand bey der Wärme z+40		Verhältn. der Verdicht. in der 1. u. 2. Hälfte
Quecksilber	38,6	——	15 : 14
Baumöhl u. Leinöhl	37,8	——	15 : 13,4
Camillenöhl	37,2	——	15 : 13
Quendelöhl	37	——	15 : 12,9
Gesättigtes Salzwasser	39,9	——	15 : 11,6
Weing., Pulver d. zündet	33,7	——	15 : 10,9
Wasser	19,2	——	15 : 4,7

Hieraus

Hieraus erhellet also, daß das Quecksilber vor allen andern Materien bey gleichen Ausdehnungen gleiche Aenderungen der Wärme am nächsten zeiget, und daß folglich das Quecksilber in dieser Rücksicht allen übrigen Materien vorzuziehen ist.

Ein anderer Vorzug des Quecksilbers besteht nach de Lüc darin, daß es sich weit leichter, als andere Materien, von Luft reinigen lasse. Was den Weingeist betrifft, so muß dieser, wenn er die Wärme des kochenden Wassers annehmen soll, entweder ganz von Luft befreyet seyn, oder durch zurückgelassene Luft im obern Theile der Röhre gedruckt werden. Durand schlug ein Mittel vor, das erstere zu erhalten, allein es ist dieß, zumahl bey engen Röhren, sehr mühsam; dagegen gebrauchte Dücrest das zweyte, welches aber unsicher und unbestimmt ist. Alle Materien überhaupt werden den Siedpunkt unrichtig angeben, wenn sie nicht von Luft befreyet sind, welches bey Oehlen, Salzwasser u. s. w. sehr schwer, beym Quecksilber aber durchs Kochen sicherer zu bewerkstelligen ist. (Meiner Meinung nach ist das Quecksilber den übrigen Materien nicht bloß deßwegen vorzuziehen, weil es leichter von Luft gereiniget werden kann, sondern vorzüglich darum, weil die wässerichten Theile, die dem Quecksilber anhängen, nicht wesentlich demselben zu gehören, und durchs Kochen in Dampfgestalt leicht fortgeschafft werden können, welches aber bey den andern Materien nicht der Fall ist).

Der dritte Vorzug des Quecksilbers ist nach de Lüc dieser, daß es sehr große Grade der Hitze und Kälte verträgt, nämlich von + 275 bis — 261 der Skale von 80 Theilen. Allein neuerer Beobachtungen zu Folge, welche unter dem Artikel Gefrierung, sind angeführet worden, möchte doch der Gefrierpunkt des Quecksilbers sich nicht viel über — 32 Grade dieser Skale erstrecken, und der rektificirte

ficirte Weingeist ein besseres Maß für große Grade der Kälte abgeben, als das Quecksilber.

Der vierte Vorzug des Quecksilbers liegt in der größern Empfindlichkeit, wodurch es fähig ist, die Veränderungen der Wärme weit schneller zu zeigen, als andere Materien. Nach de Lüc ist es sechs Mahl empfindlicher als der Weingeist, woraus er zugleich einen Theil des Unterschiedes erkläret, welcher sich zwischen Dücrest's und seiner Tabelle, über die übereinstimmenden Grade des Weingeist- und Quecksilberthermometers zeiget. Doch glaubet Herr Luz *) aus seinen Versuchen schließen zu dürfen, daß Weingeist und Quecksilber in freyer Luft und im Wasser, das nach und nach seine Wärme verlieret, beyde im gleichen Grade empfindlich sind; da im Gegentheil bey plötzlich abnehmender Wärme das Quecksilber doppelt, und bey plötzlich zunehmender Wärme drey Mahl empfindlicher sey, als der Weingeist. Beym allmähligen Erkalten in freyer Luft zeigte sich anfänglich das Quecksilber zwar empfindlicher, gegen das Ende aber holte es der Weingeist ein, und gelangte zum Gleichgewichte mit der Luft fast noch eher, als das Quecksilber.

Der fünfte Vorzug des Quecksilbers hat seinen Grund darin, daß man denselben als eine Materie von einerley Beschaffenheit ansehen kann, wenn es gehörig gereiniget worden, so daß alle Quecksilberthermometer einen gleichen Gang haben; da im Gegentheil der Weingeist beständig von anderer Güte und Beschaffenheit gefunden wird; daher kommt es auch, daß der Gang der Weingeistthermometer, wie die Beobachtungen lehren, immer verschieden ist.

Am Quecksilber tadelt Dücrest, daß es sich in sehr starker Kälte mehr verdichte, als es sich in der Hitze verhältniß-

*) Vollständige Anweisung, die Thermometer zu verfertigen, Cap. 8. S. 159 f.

hältnißmäßig ausdehne. Auch lehren wirklich die Beobachtungen, daß es sich beym Gefrieren außerordentlich zusammenziehet, und alsdann zum Wärmemaße ganz untauglich ist. Herr Dücrest aber nimmt die Temperatur der Erdkugel als einen solchen festen Punkt an, von welchem die Materien der Kälte und Wärme durch ihre Wirkungen ungleiche oder verhältnißmäßige Ausdehnungen und Verdichtungen hervorbringen sollen. Er glaubt diese Gleichheit beym Weingeiste zu finden, beym Quecksilber aber nicht, wenn er die äußersten Temperaturen auf der Erde, die Wärme im Senegal und die Kälte in Kamtschatka, mit dem gemäßigten Mittel vergleichet. Es kann möglich seyn, daß sich das Quecksilber bey dieser Kälte schon sehr unregelmäßig zusammenziehet; allein die angeführten Vergleichungspunkte haben ihren Grund auf einer leeren Hypothese. Dagegen zeigen die Versuche des Herrn de Lüc unläugbar, daß die Zusammenziehungen des Quecksilbers, in Vergleichung mit der Wärme, selbst zwischen den beyden festen Punkten, dem Sied- und Frostpunkte, und bey geringern Graden der Kälte gar nicht zunehmend, sondern nur weniger abnehmend sind, als die des Weingeistes.

Herr Strohmeyer *) stellte gegen des Herrn de Lüc Versuche und Sätze einige Zweifel auf. Er behauptete, der Weingeist sey bey tiefern Graden der Kälte dem Quecksilber weit vorzuziehen, und hierin hat er auch unstreitig Recht. Er fand den Weingeist bey einer Temperatur von — 16 Grad nach Fahrenh. in einer Mischung von Schnee und Salpetergeist vollkommen flüssig, da schon das Quecksilber, wie ein weiches Amalgama zusammen gerann, und sich im Anfange des Gerinnens schnell verdichtete, und nachher wie ein Faden hängen blieb. Sonst aber hat Herr Strohmeyer

*) Anleitung übereinstimmende Thermometer zu verfertigen. Göttingen 1775. 8.

meyer den Herrn de Lüc nicht richtig verstanden, wenn er sagt, den Hauptgrund, welchen de Lüc einwende, als wenn der Weingeist einen ungleichen Gang habe, werde er durch Versuche widerlegen. Einen solchen Grund gebrauchet de Lüc nirgends; denn sonst würde er das Quecksilber selbst verworfen haben, von welchen er die Gleichheit seines Ganges keinesweges behauptet. Seine Meinung ist nur diese: das Quecksilber käme dem gleichen Gange der Wärme näher als der Weingeist. Dieß widerlegen nun die Versuche nicht, welche Strohmeyer gar nicht einmahl anführet, sondern von welchen er nur überhaupt sagt, daß sie mit Dücrest genau zusammenstimmten. Von Vergleichung mit der Wärme, worauf eigentlich alles ankommt, wird dabey mit keinem einzigen Worte Erwähnung gethan. Auch hat schon Herr Luz *) gezeiget, daß Strohmeyer in Dücrest's Tabellen die dem Quecksilber zugehörige Columne mit der für den Weingeist verwechselt, und diesen Fehler auch in seiner Rechnung fortgeführet hat, so daß es unbegreiflich ist, wie sie mit den Versuchen haben übereinstimmen können. Es kann daher die Beschuldigung dem Herrn de Lüc gar nicht treffen, daß er bey seinen Versuchen das gehörige Umrühren des erwärmten Wassers müsse vernachlässiget haben, indem er ausdrücklich sagt, daß er diese Vorsicht genau beobachtet habe.

Im Gegentheil hat Herr Luz Versuche angestellet, welche von denen des Herrn de Lüc nur in Kleinigkeiten abweichen, wie folgende Vergleichung mit 4 Thermometern von 80 Graden beweiset:

Queck-

*) Anweisung die Thermometer zu verfertigen, S. 201.

Quecksilberthermometer.	Weingeistthermometer		
	Dücrest.	de Lüc.	Luz.
Siedpunkt 80	80,00	80,00	80,00
75	73,21	73,80	73,80
70	66,83	67,80	67,80
65	60,80	61,90	61,90
60	55,06	56,20	56,10
55	49,57	50,70	50,40
50	44,31	45,30	44,90
45	39,24	40,20	39,60
40	34,36	35,10	34,70
35	29,63	30,30	29,90
30	25,05	25,60	25,30
25	20,60	21,00	20,90
20	16,27	16,50	16,50
15	12,05	12,20	12,20
10	7,94	7,90	7,90
5	3,93	3,90	3,90
Eispunkt 0	0,00	0,00	0,00
— 5	— —	— —	3,90
— 10	— —	— —	7,60
— 15	— —	— —	11,20
— 20	— —	— —	14,50

Hieraus erhellet nun zur Genüge, daß die Quecksilberthermometer den Weingeistthermometern vorzuziehen sind, indem sie den Bedingungen eines vollkommen guten Thermometers wo nicht völlig, doch durch Annäherung am meisten entsprechen.

An den gewöhnlichsten Thermometern ist der obere feste Punkt die Hitze des siedenden Wassers, welcher daher der Siedpunkt (punctum aquae ebullientis, terme de l'eau bouillante) genannt wird. Bey dieser Hitze steht nämlich die flüssige Materie im Thermometer gerade an diesem Punkte. Obgleich man aber eine solche Hitze in allen Fällen für gleich groß annimmt, so können doch Umstände eintreten, die sie gar sehr abändern.

Nach

Nach Herrn de Lüc nehmen Regen- Fluß- und Quellwasser gleiche Siedhitze an; gesättigtes Salzwasser aber auf 7 Reaumürische Grade mehr. Man nimmt daher zur Bestimmung des Siedpunktes des Thermometers am sichersten Regenwasser. Die äußere Wärme und Kälte der Luft hat hierbey keinen sonderlichen Einfluß, indem das Feuer beym Kochen die umgebende Luft ziemlich gleichförmig erwärmet. Eine größere Einwirkung hat die Gestalt der Gefäße und die Beschaffenheit ihres Deckels. Wenn die Wassermasse zu gering ist, so nimmt auch die Hitze in etwas ab, indem das Wasser nach und nach in Dampf aufgelöset wird. Ueberdieß ist es nicht bloß hinreichend, die Kugel allein in das siedende Wasser zu bringen, sondern es muß auch der Theil von der Röhre so weit, als die flüssige Materie in selbiger steht, hineingebracht, und in dieser Stellung erhalten werden. Auch hat Herr de Lüc gefunden, daß bisweilen das Wasser, besonders wenn es noch nicht im völligen Kochen ist, auf dem Boden des Gefäßes um 1 Grad heißer ist, als im obern Theile. Ja das Wasser wird selbst während dem Kochen etwas heißer, daher muß es aufs stärkste kochen. Den größten Einfluß auf die Größe der Siedhitze des Wassers hat aber der Druck des Luftkreises; und eben deßwegen ist es nöthig, den Siedpunkt aller Thermometer entweder bey einerley Barometerstand zu suchen, oder doch wenigstens durch eine Berichtigung auf einen gewissen gleich hohen Barometerstand zu reduciren.

Alle diese Umstände verursachen, daß man sich auf die Uebereinstimmung der Siedpunkte an den gewöhnlichen Thermometern nicht allemahl sicher verlassen kann. Wenn überdieß die Materie, womit die Thermometer gefüllt sind, die Siedhitze des Wassers gar nicht annehmen, so sind ihre Abweichungen beträchtlich; so zeigt z. B. der Siedpunkt des wahren Reaumürischen Thermometers wirklich nur $66\frac{2}{3}$ Grade der Skale von 80 Graden. Auch wenn die Siedpunkte bey verschiedenen Barometerständen sind bestimmt worden, weichen sie merklich von einander ab. So kommt der

der Siedpunkt der de Lüc'schen Thermometer mit 210 Grade der Fahrenheitschen auf der englischen Skale überein. M. s. Sieden. Th. IV. S. 631.

Im Jahre 1777 trug die königliche Societät einigen ihren Mitgliedern auf, unter welchen sich auch die Herren **Cavendish, de Lüc, Maskelyne** und **Horsley** befanden, eine allgemeine Methode zur Bestimmung der festen Punkte bekannt zu machen [a]). Die vorzüglichsten Vorschläge dieser Gelehrten sind folgende: Zuförderst geben sie den Rath, das Thermometer gar nicht ins Wasser zu bringen, sondern bloß in einem verschlossenen Gefäße (fig 6.) den Dämpfen des siedenden Wassers auszusetzen, welche Methode **Cavendish** [b]) zuerst angegeben hat. Die Hitze dieser Dämpfe ist sehr gleichförmig, und gibt beym Barometerstande von 29.8 englische Zolle, den Siedpunkt um ¾ Grad der 80theiligen Skale höher, als den de Lüc'schen beym Barometerstande von 27 Pariser Zoll. Eben dieser Siedpunkt wird bey der Barometerhöhe von 29,5 Zoll gefunden, wenn man die Kugel des Thermometers etwa 2 bis 3 Zoll ins Wasser bringt.

Bey dem Gebrauche der bloßen Dämpfe, um dadurch den Siedpunkt zu bestimmen, empfehlen diese Gelehrten die Barometerhöhe 29.8 engl. Zoll = 335,54 Linien Pariser Maß, oder 29,5 Zoll = 332,15 Pariser Linien, wenn man die Kugel des Thermometers 2 bis 3 Zoll tief ins siedende Wasser bringt. Bey andern Barometerständen solle man den bestimmten Siedpunkt auf die angegebenen reduciren.

Wollte man bey dieser Reduction die von **de Lüc** festgesetzte und im Artikel, **Sieden** (Th. IV. S. 629. 630.) angeführten Formeln A) und B) gebrauchen, so würde sie etwas

a) Philosoph. Transact. Vol. LXVII. P. II. n. 37. **Bericht einer von der königl. Societät zu London niedergesetzten Commission, über die beste Methode, die festen Punkte des Thermometers zu bestimmen,** in den Leipz. Samml. zur Physik und Naturgeschichte. B. I. St. 6. S. 643 f.

b) Philosoph. Transact. Vol. LXVI. p. 380.

etwas beschwerlich werden. Indessen kann man ohne groß
Fehler annehmen, daß die Aenderungen des Siedpunkt
in den engen Gränzen der gewöhnlichen Barometerverä
derungen den Aenderungen des Barometerstandes prop
tional sind. Wenn man nach diesen Formeln die Siedhi
für 29½ und 30½ engl. Zoll Barometerhöhe (d. i. für 33
und 343,43 Pariser Linien) berechnet, so findet man sie 80,
und 81,25 Grade; mithin beträgt der Unterschied 0,71 G
nach der Reaumürischen oder $\frac{9}{4}$. 0,71 = 1,59 nach der Fa
renheitschen Skale. Aendert sich daher das Barom
um 0,114 englische Zoll, so würde sich folglich um jen
Barometerstand herum, der Siedpunkt etwa um 0,114 . 1,59
0,181 Fahrenheitschen Grade, d. i. um $\frac{1}{1000}$ des ganzen
standes zwischen Sied- und Gefrierpunkt ändern. Mit
ließe sich hieraus folgende leichte Regel bestimmen: s
das Barometer um 0,114 . a Zoll höher oder niedriger,
die zur allgemeinen Norm angenommenen Barometerstä
sind, so muß man den gefundenen Siedpunkt um a T
sendtheilchen seines Abstandes vom Gefrierpunkte wei
herab, oder weiter hinauf rücken.

Hiernach ist nun folgende Berichtigungstabelle bere
net worden:

Barometerhöhe		Bericht. in Tausendtheilchen	Barometerhöhe		Bericht. Tausen theilch
in Dämpfen	im Wasser		in Dämpfen	im Wasser	
	30,64	— 10	29,69	29,39	+
	53	— 9	58	27	+
30,71	41	— 8	47	17	+
59	29	— 7	36	06	+
48	18	— 6	25	28,95	+
37	07	— 5	14	84	+
26	29,95	— 4	03	70	+
14	84	— 3	28,92	62	+
03	73	— 2	81	51	+
29,91	61	— 1	70		+ 1
80	50	0	59		+ 1

Diese Tabelle hat Herr Luz *) zugleich auf Pariser Maß gebracht, wobey er Statt 0,114 engl. Zoll 1,24 Pariser Linien setzt.

Exemp. Es sey bey 29,5 engl. Zoll Barometerhöhe der Siedpunkt im Wasser bestimmt worden; der Abstand dieses Punktes von dem Gefrierpunkte betrage 12 Zoll. Bey der Zahl 29,5 für das Wasser steht in der Tabelle die Zahl — 1, also muß die Stelle des 212 Grades um $-\frac{1}{1000} \cdot 12 =$ 0,012 Zoll niedriger als der beobachtete Punkt gesetzt werden.

Wenn der Siedpunkt am Thermometer in Dämpfen bestimmt werden soll, so muß sich die Röhre bis zunächst an den Siedpunkt in den heißen Dämpfen befinden, und gerade nur der Siedpunkt über dem Deckel des Gefäßes hervorragen; außerdem muß aber auch die Kugel noch 1 bis 2 Zoll über dem Wasser stehen, so daß sie von demselben auch im stärksten Kochen nicht berühret wird.

Der Deckel auf dem Gefäße muß leicht abgehoben werden können; damit er aber genau anschließe, muß unter seinem Rande ein Ring von Tuch oder Filz gelegt werden. In der Mitte dieses Deckels befindet sich ein Loch, durch welches die Röhre des Thermometers luftdicht eingebracht werden kann; überdem enthält er auch eine noch kleine Röhre von ½ Quadratzoll Durchschnitt, und 2 bis 3 Zoll Höhe zum Ausgange der Dämpfe; diese Röhre ist mit einer zinnernen Platte bedeckt, welche die Gewalt der Dämpfe selbst in die Höhe hebt und verschiebt.

Uebrigens muß das Wasser stark und schnell gekocht werden; gleichwohl muß man 1 bis 2 Minuten Zeit warten, ehe man den Siedpunkt bezeichnet, um zu sehen, ob nicht etwa das Quecksilber noch höher steigen werde.

Wenn die Kugel ins Wasser gebracht werden soll, so wird an der vorigen Methode nichts weiter geändert, als daß das Wasser 3 bis 4 Zoll höher stehen muß, und daß es nicht mehr nöthig ist, den Deckel so genau zu verschließen, und die zinnerne Platte auf das Dampfröhrchen zu legen.

*) Vollständige Beschreibung der Barometer. 1784. Anhang S. 82.

Außer diesen beyden Methoden den Siedpunkt am Thermometer zu bestimmen, bedienen sich die englischen Künstler noch einer dritten, bey welcher sie das Thermometer in ein offenes Gefäß mit der Kugel ins Wasser setzen, die Röhre mit leinenen Lappen oder Flanell umwickeln, und diese mit siedendem Wasser begießen, um sie zu erhitzen. Sie muß aber 3 bis 4 Mahl begossen, und zwischen dem jedesmahligen Begießen einige Sekunden inne gehalten werden, welches selbst beym letzten Mahle geschehen muß, ehe man den Siedpunkt bemerket. Hierbey wird ein Barometerstand von 29,8 Zoll Höhe erfordert, so wie das Wasser schnell gekocht, das Thermometer aufrecht gehalten, die Kugel 2 bis 3 Zoll unter Wasser gebracht, und dahin gehalten werden muß, wo die Bewegung des Wassers von unten aufwärts gehet.

Der untere feste Punkt am Thermometer heißt gemeiniglich der Eispunkt. Fahrenheit glaubte, daß eine Mischung aus Wasser, Eis und Salmiak oder Kochsalz die größte Kälte gebe, und setzte dahin, wo die Materie im Thermometer in dieser Mischung stieg, die Null, und da er durch Versuche fand, daß die natürliche Gefrierung auf den 32sten Grad seiner Skale von 212 Theilen fiel, so nannte er diesen Grad den Gefrierpunkt; mithin enthält seine Skale zwischen dem Gefriet- und Siedpunkte 180 Grade. Es ist unbekannt, ob Fahrenheit die Temperaturen des thauenden Eises und des gefrierenden Wassers gehörig von einander unterschieden hat. Martine, welcher sonst vom Fahrenheit'schen Thermometer gute Nachrichten gibt, versteht unter dem 32 Grade beyde ohne Unterschied.

Reaumür spricht schon bestimmter, und nimmt zum Eispunkte diejenige Temperatur an, welche zum Gefrieren des Wassers hinreichend ist. Diese bestimmte er auf folgende Art: er brachte ein kleines Gefäß mit Wasser in eine Mischung von 2 Theilen Eis und einem Theile Kochsalz, hielt so lange inne, bis das Wasser zu gefrieren anfing, und der Weingeist in dem hineingebrachten Thermometer

mometer nicht weiter herabfiel. Diese Methode fand aber Herr de Lüc unsicher, indem sie an den wahren Reaumürischen Thermometern den Gefrierpunkt um $\frac{4}{5}$ Grad tiefer gegeben hat, als der Punkt des zergehenden Eises sich befindet. Diesen letzten Punkt haben in der Folge Nollet und Reaumür selbst gewählet; Brisson, welcher Augengenzeuge hiervon war, hat diese Methode von ihnen angenommen.

Am sichersten wird jetzt der Punkt des zergehenden Eises oder Schnees gebrauchet, welcher auch am leichtesten zu finden ist. Dieser Punkt ist eigentlich die Temperatur des Wassers, welches so eben vom Eise abthauet, oder des mit Eise vermischten Wassers. Herrn de Lüc's Methode ist diese; er füllt ein Gefäß mit klein zerschlagenem Eise, und setzt das Thermometer so hinein, daß es ganz davon umgeben ist, und unter der Kugel noch 1 Zoll hoch Eis über dem Boden liegt. Wenn das Eis zerschmelzt, behalten Wasser und Eis einerley Temperatur. Doch meinet Strohmeyer, diese Methode sey bis auf $1\frac{1}{2}$ Reaumürische Grad unsicher; er gibt dem Wasser im Eise einen Vorzug, läßt daher Regen- oder Schneewasser bey natürlicher Kälte ringsum frieren, zerstößt alsdann die obere Eisrinde und setzt das Thermometer, so weit das Quecksilber reicht, in das mit Eis umgebene Wasser. Dieses von Dücrest gebrauchte Verfahren ist nach Herrn Luz auf $\frac{1}{5}$ Grad unzuverlässig, besonders wenn die Eisrinde nicht dick genug ist. Im Gegentheil fand er des Herrn de Lüc's Methode so sicher, daß er nicht $\frac{1}{50}$ Grad Abweichung bey ihr bemerkte, ausgenommen beym einfallenden Thauwetter, bey welchem das zerschmelzende Eis allezeit um $\frac{1}{12}$ Reaumürischen Grad wärmer, als sonst ist. Luz bemerket noch, daß man die mit dem Flüßigen gefüllten Thermometer nicht zu plötzlich in das Eis bringen solle, weil sonst beym Herabsinken zu viel an den Wänden der Röhre hängen bleibe.

Auch die englischen Gelehrten gebrauchen diese Methode, und fügen noch die Bemerkung bey, man müsse die ganze

 Röhre,

Röhre, so weit das Quecksilber in ihr reiche, mit zerstoßenem Eise umgeben, oder im entgegengesetzten Falle, eine kleine von ihnen angegebene Berichtigung machen.

Außer diesen beyden festen Hauptpunkten am Thermometer gibt es noch einige, die als feste Punkte angesehen, und gewöhnlich mit auf dem Thermometer bemerket werden. Dahin rechnet man die Temperatur der Keller der Pariser Sternwarte, welche in einer Nische der Mauer eines 84 Fuß tiefen Kellers beobachtet wird. Diese Temperatur ist nach Herrn de Lüc's genauer Bestimmung = 9,6 des Quecksilberthermometers von 80 Graden. Ein anderer fester Punkt ist die Temperatur der natürlichen Wärme des menschlichen Körpers, welche man findet, wenn man die Kugel eines Thermometers eine Stunde lang in dem Munde oder unter dem bloßen Arme nimmt. Reaumür hatte sie auf seinem Weingeistthermometer bey 32 Grad bestimmt, er hatte aber dasselbe nur eine Viertelstunde lang erwärmt; Brisson fand bey der Erwärmung von einer Stunde $32\frac{1}{2}$ Grad und de Lüc bestimmt dieß auf 29,9 des Quecksilberthermometers von 80 Graden.

Wenn bey den Thermometern die beyden Hauptpunkte, der Gefrier- und Siedpunkt bestimmt sind, so wird alsdann ihr Abstand von einander in eine Anzahl gleicher Theile unter dem Nahmen der Thermometergrade eingetheilet, welche die Skale oder Gradleiter des Werkzeuges ausmachen. Da aber diese Eintheilung an sich willkürlich ist, und auch von verschiedenen Erfindern verschiedene Abtheilungen eingeführet sind, so hat man mehrere Skalen, die sich sehr leicht und sicher mit einander vergleichen lassen, wofern die beyden festen Punkte genau mit einander harmoniren.

Herr Hindenburg *) hat die Aufgabe der Vergleichung der Thermometerskalen in der größten Allgemeinheit so aufgelöset, daß man die verschiedenen Formeln, von welchen man bey der Anwendung wählen kann, zusammen deutlich und

*) Progr. formulae comparandis gradibus thermometricis idoneae. Lipsiae 1791. 4.

und leicht übersieht. Es kommt hierbey auf folgende Frage an: wenn in zwey verschiedenen Skalen die Anzahlen ihrer Grade m und μ, die Zahlen, welche am Gefrierpunkte stehen, d und δ, und die Zahlen an zwey andern übereinstimmenden Punkten x und ξ heißen, wie können beyde letztere x und ξ auseinander gefunden werden? Da hier von genau harmonirenden Thermometern die Rede ist, so folgt natürlich, daß sich die Zahlen der Grade zwischen dem Gefrier- und Siedpunkte beyder Thermometer gerade so wie die Zahlen der Grade zwischen den Gefrierpunkten und den mit x und ξ bezeichneten, verhalten müssen, d. h. es ist

$$m : \mu = x - d : \xi - \delta.$$

Daraus ergibt sich nun folgende Gleichung

A) $m\xi - m\delta = \mu x - \mu d$, und daraus findet man

$$x = \frac{m(\xi - \delta)}{\mu} + d, \text{ und } \xi = \frac{\mu(x - d)}{m} + \delta,$$

wo abwärts gezählte Grade durch negative Zahlen angedeutet werden.

Aus diesen allgemeinen Formeln lassen sich für bestimmte Skalen sehr leicht besondere Ausdrücke ableiten. Wenn die Buchstaben F, R, I, C harmonirende Grade auf Fahrenheit's, Reaumür's, de l'Isle's, Celsius's Skalen anzeigen, so müssen in jenen allgemeinen Formeln für m, d, x und μ, δ, ξ die gehörigen Werthe substituiret werden. Hierbey tritt nun noch der Vortheil ein, daß man die Brüche $\frac{m}{\mu}$ und $\frac{\mu}{m}$, wenn es möglich ist, in ihre kleinsten Zahlen ausdrücken kann, wodurch man folgende sehr einfache Formeln findet:

$F = \frac{9}{4} R + 32$ $\quad I = 150 - \frac{15}{8} R$

$F = 212 - \frac{6}{5} I$ $\quad R = \frac{4}{5} C$

$F = \frac{9}{5} C + 32$ $\quad C = 100 - \frac{2}{3} I$

Solche Formeln, welche zur Verwandlung der Thermometergrade dienen, hatte im Jahre 1754 Heinsius

Winklern mitgetheilet, welche sich in des letztern Schriften α) finden. Auch Kästner β) handelt von diesem Gegenstande.

Es ist hieraus leicht begreiflich, wie sich Tafeln zu Vergleichung der Thermometer machen lassen, dergleichen man viel gedruckt und in Kupfer gestochen findet, z. B. beym Martine γ), Braun δ), Strohmeyer ε), P. Hell ζ), im Journal de physique η) und vollständiger, als sonst irgendwo, beym van Swinden θ), wo Nachrichten, und wo sie Statt finden, Vergleichungen von 72 verschiedenen Thermometern, die metallischen nicht mit gerechnet, vorkommen.

Aus jenen sehr einfachen Gleichungen lassen sich noch folgende sehr bequeme Ausdrücke zu Vergleichung von F, R, I C ableiten:

$$4F - 9R = 128 \qquad 8I + 15R = 1200$$
$$5F + 6I = 1060 \qquad 5R - 4C = 0$$
$$5F - 9C = 160 \qquad 3C + 2I = 300.$$

Exemp. Es ist die Frage, wie viel betragen 86 Fahrenh. Grade nach der Reaumürischen Skale? Die erstere der vorstehenden Gleichungen gibt $4 \cdot 86 - 9R = 128$, und $9R = 344 - 128 = 216$, und $R = \frac{216}{9} = 24$ Grade.

Herr Kranz ι) hat solche Gleichungen zur Reduction der Thermometergrade auf andern Skalen zuerst gebrauchet, ohne

α) Philosoph. contempl. Tom. III. physica, §. 1634. Anfangsgründe der Physik. Leipz. 1754. 8. §. 124 f.

β) Abhandlung von Höhenmessungen mit dem Barometer in der Anmerk. zur Markscheidekunst, S. 361. 372 u. f. Anfangsgr. der angewandten Mathematik, 4te Aufl. 1792. Zugabe zur Aerometrie, S. 39[illegible] f.

γ) Dissert. sur la chaleur avec des observations nouvelles sur la construct. et comparaison des thermomètres. trad. de l'Anglois à Paris 1751. 12.

δ) Harmonia scalarum in nov. commentat. Petropol. Tom. VII.

ε) Anleit. übereinstimmende Thermometer zu verfertig. Gött. 1775. 8.

ζ) Ephemerid. Vienn. 1764. p. 164. 243.

η) Vol. XVI. 1773.

θ) Dissert. sur la comparaison des thermomètres. Amst. 1778. 8.

ι) Geschichte der Aerostatik, Th. I. S. 100. ingl. Anhang zur Geschichte der Aerostatik, S. 45. 50. 51.

ohne jedoch die Art, wie sie gefunden werden, zu erwähnen. Sie lassen sich auch sehr leicht aus der Gleichung A) herleiten.

Exemp. Herr de Lüc bedienet sich zur Berichtigung der Barometerhöhen wegen der Wärme des Quecksilbers einer Thermometerskale, welche zwischen Eis- und Siedpunkte 96 Grade, und beym Gefrierpunkte — 12 hat; man sucht die Vergleichung zwischen diesem und dem Reaumürischen Thermometer. Man bezeichne den Grad der de Lüc'schen Skale mit L, so hat man $m = 96$, $\mu = 80$, $x = L$, $\xi = R$, $d = 12$ und $\delta = 0$, diese Werthe in die Gleichung A) gesetzt geben

$$96\ R = 80\ L + 960 \text{ oder}$$
$$6\ R - 5\ L = 60.$$

Bey allen bisher angestellten Vergleichungen durch Formeln und Tafeln wird aber nothwendig vorausgesetzet, daß in beyden Thermometern die festen Punkte vollkommen gleich bestimmt, und der Gang der Materien, womit sie gefüllt sind, genau derselbe sey. Diese Bedingungen lassen sich schwerlich anders, als bey Thermometern von der nämlichen Materie erreichen. Wären sie mit verschiedenen Flüssigkeiten angefüllt, so bleibt die Vergleichung nach dieser Methode unsicher.

Daß übrigens das Thermometer eine von den wichtigsten Erfindungen ist, lehret der so häufige und mannigfaltige Gebrauch desselben. Der Physiker und Chemiker arbeitet nach der Anleitung, die ihm das Thermometer angibt, mit mehrerer Gewißheit und bessern Erfolg, und der Meßkünstler wird dadurch in den Stand gesetzt, es zu einem sehr hohen Grade der Schärfe bey seinen Messungen zu bringen, weil ihm die Fehler dadurch offenbar werden, welche von den Veränderungen der Werkzeuge wegen veränderter Temperatur der Luft herrühren. Ueberdieß erstreckt sich der Gebrauch des Thermometers in der Medicin, Diaetetik und Oekonomie überaus weit; denn eben hierdurch ist man erst im Stande, in Krankenzimmern, in Wohnzimmern, in Gewächshäusern u. s. f. die in jedem Falle zuträgliche Tem-

peratur zu wege zu bringen. Unter der sehr großen Menge von Skalen sind aber doch die gewöhnlichsten in Deutschland, Frankreich, England, in der Schweiz, Rußland und Schweden die Fahrenheitsche, Reaumürische, de l'Isle'sche und die von Celsius. Hieraus erhellet also die Nothwendigkeit der Reduktion dieser üblichen Skalen.

Außer den bisher angegebenen Eigenschaften eines so viel als möglich vollkommenen Thermometers, kömmt es auch noch vorzüglich auf die Beschaffenheit der Kugel und Röhre, und auf die Verfertigung selbst des Thermometers an, indem davon die größere oder geringere Empfindlichkeit desselben abhängt. Zu den Quecksilberthermometern werden die Glasröhren am bequemsten von $\frac{1}{4}$ Linie, zum Weingeistthermometer aber $\frac{1}{3}$ Linie Weite im Lichten, und $\frac{1}{4}$ Linie Glasdicke gewählet. Auf der Glashütte läßt man sie sogleich an beyden Enden zusammendrücken, und bricht sie erst beym Gebrauche auf, um Feuchtigkeit und Staub abzuhalten. Sie müssen so viel als möglich eine Weite besitzen die durchgehends gleich ist, welches man durchs Calibriren untersuchet *). Man bringt nämlich entweder durchs Saugen, oder noch besser durchs Einsenken in ein tiefes Gefäß, etwas Quecksilber hinein, so daß durchs Verschließen der obern Oeffnung beym Herausnehmen eine ungefähr zwey Zoll hohe Quecksilbersäule darin hängen bleibt; hiernächst läßt man diese durch die ganze Röhre hindurch laufen, und mißt dabey mittelst eines richtig verzeichneten Maßstabes, ob die Quecksilbersäule allenthalben einerley Länge behält. Was die Länge der Röhre selbst betrifft, so ist diese an sich willkürlich; zum gewöhnlichsten Gebrauche ist eine von 9 Zoll Länge zureichend, indem diese über 100 Theile von einer Linie, 200 von $\frac{1}{2}$ Linie u. s. Länge fasset. Würden hingegen die Theile oder Grade von größerer Länge als die von einer Linie nothwendig erfordert, so sieht man wohl, daß alsdann längere Röhren gewählet werden müssen.

An

*) *Nollet* leçons de physique experim. ed. Amst et Leips. 1754. 8. Tom. IV. p. 376.

An die Röhre muß nun vor allen Dingen das Gefäß angeblasen werden. Kugeln sind hierzu am schicklichsten. Man hat zwar Cylinder dieserwegen vorziehen wollen, weil sie durch Vergrößerung ihrer Fläche mehr Empfindlichkeit besäßen; allein gehörig eingerichtete Kugeln werden schon empfindlich genug seyn. **Luz** führet an, daß er Weingeistthermometer mit Cylinder wegen ihrer zu großen Empfindlichkeit nie habe dahin bringen können, daß sie die Siedhitze des Wassers ausgestanden hätten. Nach **Magellan** *) soll die in der fig. 7. vorgestellte Gestalt abcd manche Vorzüge vor Gefäße von andern Formen haben, theils wegen der großen Empfindlichkeit, theils weil sie sich sehr leicht verfertigen läßt. Denn wenn die Seite e der angeschmolzenen Kugel abce glühend gemacht, und alsdann an der Oeffnung der Röhre gesauget wird, so druckt sich der Theil aec hinein, und das Gefäß erhält die angezeigte Form. Allein durchs Saugen wird Feuchtigkeit in die Röhre gebracht, und der Inhalt solcher Gefäße läßt sich nicht leicht bestimmen; daher ist es rathsamer, bey der Kugel stehen zu bleiben. Alles kömmt nur hierbey darauf an, daß die Kugel die gehörige Größe besitze. **Luz** gibt folgende Regel: wenn ein Quecksilberthermometer vom Siedpunkte bis — 30 Grade nach Reaumür reichen solle, so müsse der Inhalt der Kugel k 47 Mahl größer als der von der Röhre ϱ seyn, mithin $k = 47\,\varrho$. Soll aber das Thermometer vom Siedpunkte des Quecksilbers bis — 30 Grad gehen, so müsse $k = 18\,\varrho$ seyn.

Auf folgende Art läßt sich die Regel allgemeiner und genauer bestimmen. Man setze, der Liquor im Thermometer dehne sich vom Eispunkte bis zum Siedpunkte um $\frac{1}{s}$ ihres Volumens aus, und dieser Fundamentalabstand halte α Grade. Wenn alsdann die Röhre überhaupt ν solcher Grade fassen soll, so daß μ Grade vom Eispunkte an bis zur Kugel zu rechnen sind, so muß sich der ganze Inhalt der Röhre ϱ zu dem Inhalte desjenigen Theils, welcher

*) Beschreibung neuer Barometer a. d. Engl. Leipz. 1782.

welcher zwischen dem Eispunkte und der Kugel sich befindet, verhalten, wie $\nu:\mu$, folglich der Inhalt des zuletzt gedachten Theils $= \frac{\mu}{\nu} \cdot \varrho$ seyn.

Diesen Theil nebst der Kugel füllt nun der Liquor des Thermometers bey der Temperatur des Eispunktes aus, oder es ist

$$\frac{\mu}{\nu} \cdot \varrho + k = \frac{\mu\varrho + \nu\mu}{\nu}$$

Von diesem Volumen beträgt der Fundamentalabstand $\frac{1}{\gamma}$, mithin ein jeder Grad $\frac{1}{\alpha\gamma}$, und die ganze Röhre selbst, welche ν Grade besitzt, $\frac{\nu}{\alpha\gamma}$, folglich ist

$$\varrho = \frac{\nu}{\alpha\gamma} \cdot \frac{\mu\varrho + \nu k}{\nu} = \frac{\mu\varrho + \nu k}{\alpha\gamma}$$

woraus sich ergibt $(\alpha\gamma - \mu)\,\varrho = \nu k$ und

$$\varrho : k = \nu : \alpha\gamma - \mu.$$

Exemp. Das Quecksilber dehnt sich vom Eise bis zum Siedpunkte um $64 = \gamma$ aus. Wenn nun die Skale 80 Grade, und überdem der Theile vom Eispunkte bis an die Kugel 30 Grade haben soll, so hat man

$\varrho : k = 80 + 30 : 80 \cdot 64 - 30 = 1 : 46\frac{3}{11}$ (nach Luz 47.)

Wenn aber die Röhre den Siedpunkt des Quecksilbers erreichen, oder bis 255 Grad gehen soll, so ergibt sich

$\varrho : k = 255 + 30 : 80 \cdot 64 - 30 = 1 : 17\frac{6}{7}$ (nach Luz 18)

Auf diese Art läßt sich also das Verhältniß der Inhalte der Röhre und des Gefäßes sehr leicht bestimmen. Wäre das Gefäß eine Kugel, so kann alsdann auch der Durchmesser x gefunden werden, wenn die Länge der Röhre $= \lambda$, und der Durchmesser des Querschnittes im Lichten $= \delta$ gegeben sind. Denn alsdann hat man nach geometrischen Gründen

$\varrho : k$

$$\varrho : k = \tfrac{1}{4}\pi\lambda\delta^2 : \tfrac{1}{6}\pi x^3$$
$$= \tfrac{3}{2}\lambda\delta^2 : x^3 = \nu : \alpha\gamma - \mu$$

mithin $x^3 = \frac{3\lambda\delta^2}{2\nu}.(\alpha\gamma - \mu)$ und

$$x = \sqrt[3]{\left(\frac{3\lambda\delta^2}{2\nu}.(\alpha\gamma - \mu)\right)}.$$

Herr de Lüc *) führet eine Formel von Durand an, welche nicht so einfach ausgedrückt ist, und doch nur in dem Falle, wenn $\nu = \alpha + \mu$, oder wenn keine Grade über den Siedpunkt hinausgehen, ihre Richtigkeit hat. In dem von ihm beygebrachten Beyspiele sollen 20 Grade unter dem Eispunkte seyn, mithin $\varrho : k = 80 + 20 : 80.64 - 20 = 1 : 51$. Betrüge nun die Länge der Röhre $\lambda = 107$ Linien, der Durchmesser des Queerschnittes im Lichten $\delta = \frac{1}{4}$ Linie, so hat man $\frac{3}{2}\lambda\delta^2 = \frac{3}{2}.107.\frac{1}{16} = 10\frac{1}{32}$; mithin $x^3 = 51.10\frac{1}{32}$, oder beynahe 512, und $x = 8$, also müßte der Durchmesser der Kugel 8 Linien betragen.

Die Künstler, welche sich mit Verfertigung der Thermometer beschäftigen, machen doch keinen sonderlichen Gebrauch von solchen Regeln, weil es eben so leicht nicht ist, den Durchmesser der engen Röhre genau zu messen. Herr de Lüc bemerket, durch Uebung erhalte man schon eine Fertigkeit, die richtige Größe der Kugel auch ohne Rechnung zu treffen. Herr Luz gibt den Rath, mehrere Kugeln bereit zu halten, und bey jeder zu erforschen, wie viel Quecksilber dem Gewichte nach hineingehe. Hat man alsdann das Verhältniß $\varrho : k$ nach irgend einer Regel gefunden, so kann man zuerst die Röhre leer, alsdann mit Quecksilber angefüllt, abwiegen. Daraus ergibt sich die Menge des Quecksilbers, welche die Röhre fasset. Hieraus läßt sich alsdann leicht vermittelst des Verhältnisses $\varrho : k$ berechnen, wie viel Quecksilber in die Kugel gehen müsse. Das gefundene Resultat zeigt, was für eine Kugel von den in Bereit-

*) Untersuchung über die Atmosphäre a. d. Franz. B. I. S. 611.

Bereitschaft liegenden gewählet werden müsse, welche al die Röhre angeschmolzen wird.

Hat man auf diese Weise die Röhre mit der daran ge schmolzenen Kugel verfertiget, so muß nun das Thermome ter mit der flüssigen Materie gefüllt werden. Diese Arbei ist aber etwas mühsam, besonders bey Quecksilberthermo metern, wegen der zu engen Oeffnung der Röhre. Hierbey kommt es vorzüglich auf gewisse durch Uebung erlernte Handgriffe an, die man sich sehr bald zu eigen macht Herr Gehler *) erhielt von einem seiner Freunde eine Me thode, die Quecksilberthermometer zu füllen, welche vor al len andern zu empfehlen ist. Sie besteht im folgenden wenn an der Röhre die Kugel angeschmolzen ist, so wird alsdann an das andere Ende der Röhre (fig. 8.) eine noch etwas größere Kugel angeschmolzen, welche sich in eine etwa 4 Zoll lange feine Röhre endiget. Hiernächst erhitzt man die beyden Kugeln über Kohlen, damit die innere Luft zum Theil herausgehe, taucht die kleine Oeffnung a in ein Gefäß mit destillirtem Quecksilber, welches durch den äußern Druck der Atmosphäre, wenn sich die beyden Kugeln wie der erkalten, hineingetrieben wird; durch Wiederholung dieser Arbeit füllt man die untere Kugel beynahe ganz und die obere etwa zu $\frac{1}{8}$ an. Nunmehr wird an bd der Eisendrath bcd befestiget, und das Thermometer so au glühende Kohlen gelegt, daß die beyden Kugeln mit der dazwischen liegenden Röhre unmittelbar dem Kohlenfeuer ausgesetzet sind, und die Oeffnung a etwas höher, als der untere Theil, zu liegen kommt. Hierbey muß man aber Acht haben, daß das Feuer allenthalben gleichförmig brenne damit das Quecksilber an allen Stellen zugleich zu kochen anfange. Wenn es nun etwa auf diese Art $\frac{1}{2}$ Minute lang gekocht hat, so hält man zuerst an die Oeffnung a eine Siegellackstange, damit sie dadurch verschlossen werde, und nimmt dann das Thermometer vom Kohlenfeuer hinweg.

Beym

*) Physikalisches Wörterbuch, B. V. S. 886.

Beym Erkalten wird auf diese Weise der Raum zwischen a und dem Quecksilber luftleer.

Der Eis- und Siedpunkt läßt sich nun sehr leicht bestimmen, und an die Stellen, wohin man sie haben will, bringen, ohne daß man nöthig hätte, a wieder zu öffnen, und Quecksilber aus der Röhre wieder heraus zu schaffen; denn alles überflüssige Quecksilber geht in die obere Kugel bey b, und behält es beständig darin, indem man das ganze Thermometer beym Erkalten auf die Seite legte.

Hat man nun die festen Punkte bestimmt, so schmelzt man über einer Lampe die Röhre von der oberen Kugel ab, und zugleich zu. Sie muß aber nicht abgebrochen werden, weil dadurch wieder Luft in die Röhre kommen würde, welches bey einem vollkommenen Thermometer zu vermeiden ist. Uebrigens versteht sich von selbst, daß man vor der Auskochung schon das gehörige Verhältniß der Kugel zur Röhre bestimmt und getroffen haben muß. Der Eisendrath abc dienet bloß dazu, die Röhre über dem Feuer bequem regieren zu können, und wird nach beendigter Arbeit abgenommen.

Die Vortheile bey diesem Verfahren sind sehr einleuchtend. Dadurch erhält man nicht nur das Thermometer völlig luftleer, indem die Quecksilberdämpfe die leeren Theile der Röhre und Kugel ganz ausfüllen, sondern es treiben auch dieselben alle Wasserdämpfe während des Kochens, wie aus einer Aeolipile, mit Gewalt, heraus, so daß man nicht einmahl nöthig hat, die Röhre nachher zu trocknen.

Mit weit geringerer Mühe lassen sich die Weingeistthermometer füllen, indem man die Kugel erhitzt, und hierauf das offene Ende in ein Gefäß mit Weingeist bringt. Durch dieß wiederholte Verfahren füllen sich Kugel und Röhre an, und die Luftblase in der Kugel treibt man heraus, wenn man am obern Ende der Röhre einen Bindfaden bindet, und daran das Thermometer herumschwenkt, wobey der Schwung den Weingeist in die Kugel treibt, und die Luftblase verdrängt.

Stroh-

Strohmeyer thut den Vorschlag, die Quecksilberthermometer auf die nämliche Art zu füllen, vorher aber das Quecksilber in einem besondern Gefäße zu kochen. Allein Herr Luz zeiget ganz richtig, daß sich die Kugel auf diese Weise nicht ganz fülle, und daß die Abweichungen, welche Strohmeyer für Mängel luftleer gemachter Thermometer betrachtet, vielmehr ihren Grund in dieser unrichtigen Methode des Füllens haben.

Dücrest ließ in seinen Weingeistthermometern Luft über dem Liquor, um sie dadurch fähig zu machen, daß sie die Siedhitze des Wassers annähmen. Dieserwegen schmolz er die Röhre zu, wenn der Weingeist auf dem Punkte seiner gemäßigten Temperatur stand. Allein Durands Methode, welche de Lüc beschreibet, hat vor dieser einen Vorzug; es wird nämlich dabey ein luftleerer Raum über dem Weingeist gelassen, in welchen aus demselben Luftblasen aufsteigen, wodurch er die Fähigkeit erlangt, nach und nach immer mehr Hitze anzunehmen. Herr Luz findet jedoch diese Methode sehr schwer, und gibt daher drey Arten an, luftleere Weingeistthermometer zu verfertigen, so daß sie die Hitze des siedenden Wasser aushalten. Dücrest's Methode hat indessen Veränlassung gegeben, den luftleeren Raum über der flüssigen Materie im Thermometer als unnöthig zu betrachten, und man hat sogar den luftvollen Quecksilberthermometern für andere einen Vorzug geben wollen.

Strohmeyer tadelt die luftleeren Thermometer vorzüglich dieserwegen, daß das Quecksilber beym Umkehren und Schütteln sehr heftig an das obere verschlossene Ende anstoße, und sich gewöhnlich eine Blase oder ein leeres Räumchen zwischen Kugel und Röhre setze. Allein Luz führet die Bemerkung an, daß ersteres wenig auf sich habe, und das zweyte nur bey den nach der Strohmeyerschen Methode verfertigten Thermometer Statt finde. Luz zeiget ferner, daß Strohmeyers Weingeistthermometer, die er für luftleer ausgibt, wirklich nicht luftleer gewesen sind, und daß in luftleeren Thermometern bey einem hohen Stande

der flüssigen Materie die Luft so viel Elasticität erhalte, daß sie die Kugel entweder zersprenge, oder doch wenigstens ausdehne, oder die flüssige Materie zusammen drucke, welche folglich in luftvollen Thermometern alle Mahl niedriger als in luftleeren stehe.

Wenn nun auf die angezeigte Art die festen Punkte am Thermometer bestimmt sind, so wird es an ein mit Papier überzogenes Bret gebracht, wozu de Lüc der Länge nach gespaltenes Tannenholz empfiehlt. Auf diesem Brete werden nun zuförderst die beyden festen Punkte bemerket, ihre Entfernung von einander in gehörige Theile abgetheilet und die Skale so verzeichnet, daß die Theilstriche auf dem ebenen Brete hinter der Thermometerröhre hindurch gehen. Auch kann man noch mehrere Skalen daneben zeichnen, und dabey die merkwürdigsten Temperaturen mit wenigen Worten angeben. Uebrigens wird alsdann alles mit einem Copalfirniß überzogen.

Das Thermometer selbst wird mit Drathen an dem Brete befestiget, die durch eingebohrte Löcher an zwey Orten fest zusammengedrehet sind. Damit aber die Röhre nicht herabsinke, wird gemeiniglich unter die Kugel eine kleine Unterstützung von Holz gemacht. Es gibt jedoch Fälle, wo die Kugel ganz frey seyn muß, damit sie die Temperatur der Luft ungehindert annehmen kann. Das Bret wird alsdann unten um die Kugel herum ausgeschnitten, und man verhindert das Sinken der Röhre, indem man sie unmittelbar über dem obern Hefte mit einem mittelst Wachs bestrichenen Faden umwickelt.

Um die Temperatur der Luft mittelst des Thermometers zu beobachten, muß es an einem freyen Orte, am besten in einem Garten u. dergl. aufgehangen, und durch ein Obdach gegen Regen und Sonnenstrahlen geschützet werden. Im Hause muß man hierzu den freyesten Ort gegen Norden aussuchen, welcher von den Fenstern geheitzter Zimmer entfernet, und so gelegen seyn muß, daß auch keine reflektirte Sonnenstrahlen dahin kommen. Will man aber die Wärme im

Sonnenscheine, die Wärme einer flüssigen Materie, die des menschlichen Körpers u. dergl. beobachten, so muß man das Thermometer vom Brete abnehmen, und seinen Stand mit einem Faden oder läufer von Federkiel bemerken.

Die Beobachtung am Thermometer selbst geschieht bey der vertikalen Stellung desselben. Die horizontale Stellung, welche von einigen dieserwegen ist vorgeschlagen worden, damit sich die flüssige Materie nicht durch die Höhe ihrer Säule zusammendrucke, erfordert lustvolle Werkzeuge, und würde beym Weingeiste wegen des Anhängens am Glase Unrichtigkeiten veranlassen. Bey der wirklichen Beobachtung muß das Auge mit der Oberfläche der flüssigen Materie genau in einerley horizontalen Ebene liegen, um die sonst entstehende Parallaxe zu vermeiden. Man kann sich versichert halten, daß das Auge alsdann die rechte Stellung hat, wenn auf dem ebenen Brete die Theilstriche der Skale hinter der Röhre weggehen, und der einzige, welcher von den in der Röhre sich abspiegelnden horizontal erscheinet, an der Oberfläche der flüssigen Materie stehet; dieser Strich zeiget den richtigen Grad an.

Zuletzt hat man noch auf die Ausdehnung des Glases und des Bretes selbst zu sehen. Die englischen Gelehrten *) schreiben hierzu nach Smeaton's Versuchen folgende Regel vor. Die Temperatur, bey der die Röhre an die Skale ist befestiget worden, sey $= \alpha$, der zu einer gewissen Zeit beobachtete Grad $= \delta$, und derjenige Grad, bey dem die Röhre an der Skale fest ist, $= \varphi$, so ist der beobachtete Grad um

$$\frac{(\delta - \varphi)\ (\delta - \alpha)}{\mu}$$ zu vergrößern.

Für eine Skale von Messing ist $\mu = 165000$, für eine von Holz ist $\mu = -216000$, mithin wäre die Zahl des beobachteten Grades zu vermindern. Uebrigens begreift ein jeder sehr leicht, daß sich dieser Ausdruck in eine negative Größe verwandelt, mithin die Vergrößerung eigentlich eine Vermінде-

*) Philosoph. Transact. Vol. LXVII. P. II. n. 37.

minderung wird, wenn der Zähler negativ ist, u.s.w. Bey den gewöhnlichsten Beobachtungen wird der Ausdruck $\delta - \alpha$ beständig sehr klein ausfallen, und die ganze Berichtigung so klein seyn, daß sie weiter nicht zu achten ist.

Daß die Quecksilberthermometer vor allen andern Vorzüge haben, ist gar keinem Zweifel unterworfen. Dessen ungeachtet empfiehlt selbst Herr **de Lüc** zum gewöhnlichen Gebrauche der Witterungsbeobachtungen die Weingeistthermometer, weil sie so wohlfeil, so leicht zu füllen, und wegen des gefärbten Liquors dem Auge angenehm sind. Er verlangt aber, daß sie nach einem Normalthermometer vom Quecksilber graduiret werden, mithin ungleiche Grade behalten sollen. Das letztere würde nun freylich schwerlich zu erhalten seyn, wenn man es den Künstlern allein überlassen wollte. Dagegen schlägt Herr **Luz** Thermometer mit Salmiakgeist vor, welcher fast einerley Gang mit dem Weingeiste habe, und durch zugesetzten Grünspan eine sehr schöne und dauerhafte blaue Farbe annehme.

Das bisher Angeführte wäre das wichtigste und nöthigste, was bey einem so viel als möglich vollkommenen Thermometer erfordert wird. Es bleibt nun noch übrig, auch etwas von den Luft- und Metallthermometern beyzufügen. Es ist gar keinem Zweifel unterworfen, daß die Luft vor allen andern flüssigen Materien die geschickteste wäre, die verschiedenen Wärmegrade zu bestimmen, weil sie für die Wärme die empfänglichste unter allen ist, wenn man nur von dem Satze, auf welchem sich die Verfertigung der Luftthermometer gründet, evident überzeuget seyn könnte. **Daniel Bernoulli** *) nahm nämlich folgenden Grundsatz an: **bey gleicher Dichte der Luft verhalte sich die Wärme, wie ihre Elasticität**, welcher Satz nichts weiter sagen will, als die Wärme verhalte sich wie die specifische Elasticität.

Aus diesem von **Bernoulli** zuerst zum Grunde gelegten Satze läßt sich folgender als eine sehr leichte Folge ableiten: **bey gleicher Masse der Luft, und bey gleichem Drucke**

*) Hydrodynamica. Sect. X. §. 8.

Drucke wächst die Wärme im Verhältnisse des Raums, durch welchen sie die Luft ausdehnet, so daß bey gleichem Raume und Drucke die Dichtigkeit sich umgekehrt wie die Wärme verhält. Würde daher eine bestimmte Luftmasse bey einerley Druck durch eine größere Wärme in einen doppelten Raum ausgedehnet, so würde auch eine noch einmahl so große Kraft erfordert, sie in den vorigen Raum zu bringen. Eben diese Sätze hat auch Lambert *) angenommen, und, wenn sie in der Natur wirklich Statt fänden, so würde man Luftthermometer zu Wege bringen können, welche etwas mehr als wirkliche Thermoskope wären.

Durch Hülfe dieser Grundsätze hätte man also ein Mittel, einen Grad der Wärme mit dem andern zu vergleichen, und von der eigentlichen Größe einer jeden andern Wärme zu urtheilen, wenn ein bestimmter Wärmegrad ein für alle Mahl als die Einheit oder das Maß wäre festgesetzet worden. Zu solcher Absicht schlägt Bernoulli den Grad der Hitze des siedenden Wassers vor. Er fand, daß zu Petersburg die Wärme des siedenden Wassers, die größte Sommerwärme der Luft, und ihre geringste Wärme bey der größten Winterkälte sich fast, wie die Zahlen, 6, 4, 3 verhielten.

Ein solches Luftthermometer ließe sich folgender Maßen zu Stande bringen, wenn man die Oeffnung (fig. 9.) h des Gefäßes an einem gewöhnlichen unten auswärts gekrümmten Gefäßbarometer zuschmelzte. Die Vollkommenheit eines solchen Luftthermometers beruhet besonders darauf, daß in der Torricellischen Leere nicht die geringste Luft zurückgeblieben seyn muß. Die in dem Raume e h f eingeschlossene Luft wird bey größerer Wärme eine größere, bey geringerer Wärme eine niedrigere Quecksilbersäule tragen; und wenn der Durchmesser des Gefäßes in Vergleichung mit der Weite der Röhre sehr groß ist, so bleibt der Raum, welchen die Luft

*) Abhandlung von den Barometerhöhen und ihren Veränderungen, in den Abhandl. der churbayerschen Akad. der Wissenschaften. B. III. Th. II. S. 89 f.

Luft ausfüllt, mithin ihre Dichtigkeit, in beyden Fällen beynahe einerley. Demnach verhält sich die Höhe dieser Quecksilbersäule beynahe wie die zugehörige Wärme. **Hermann** α) schlug diese Einrichtung vor, um dadurch mittelst einer Formel die mittlere Geschwindigkeit der Theilchen zu bestimmen, in deren Bewegung er nach dem Cartesianischen Systeme das Wesen der Wärme und Elasticität setzte.

Bey dieser Einrichtung blieb aber doch der Fehler, daß die eingeschlossene Luft bey jeder verschiedenen Wärme nicht genau einen Raum von einerley Größe behielt. Daher schlägt **Daniel Bernoulli** β) vor, das Thermometer vertikal in siedendes Wasser zu bringen, und die Stelle m der Röhre zu bemerken, bey welcher die höchste Fläche des Quecksilbers stehen bleibt; hiernächst aber das Instrument so einzurichten, daß man die Röhre a b an der Tafel in jede schiefe Lage e n bringen könne. Man nehme an, bey geringerer Wärme als die des siedenden Wassers stehe das Quecksilber in der vertikalen Röhre nur bis g; alsdann neige man die Röhre so lange, bis das Quecksilber nach n kommt, so daß e n = e m ist. In dieser Lage enthält nun die Röhre eben so viel Quecksilber, als e m enthält; mithin ist auch im Gefäße eben so viel Quecksilber, als bey der Zubereitung des Instrumentes im siedenden Wasser darin war, und folglich bleibt der Raum immer einerley. In diesem Falle verhält sich nun die Hitze des siedenden Wassers zur gegenwärtigen Wärme, wie die Höhe e m zur Höhe q n.

Da der Grad der Siedhitze des Wassers nicht jederzeit vollkommen übereinstimmig gefunden wird, so kann man auch jeden andern Wärmegrad für die Einheit oder das Maß annehmen, und auf folgende Art völlig übereinstimmende Luftthermometer verfertigen. Bey gleicher Dichte und Elasticität ist die Wärme der Luft einerley. Man nehme also diejenige Wärme für die Einheit an, welche in der Luft bey einer gewissen Dichte und Elasticität Statt findet,

α) Phoronomia Lib. II. cap. XXIV. prop. 85. schol. p. 377.
β) Hydrodynamica l. c.

z. B. diejenige, bey welcher das Barometer 28 Zoll hoch stehet, und ein Cubikfuß Luft 600 Grän wieget. Bey der wirklichen Verfertigung eines Luftthermometers muß man nun zuförderst die Dichtigkeit der Luft zu derselben Zeit suchen, und zugleich den Barometerstand beobachten. Hat man nun die Röhre gehörig mit Quecksilber gefüllt, und zugeschmolzen, so muß man vor allen Dingen an der Röhre einen Punkt n bemerken, welchen das Quecksilber bey einem gewissen Grade der Hitze erreichet. Wäre alsdann zur Zeit dieses Versuchs ein Cubikfuß Luft 500 Grän schwer, und der Barometerstand 29 Zoll hoch gefunden worden, so neige man hierauf die Röhre, bis das Quecksilber die Stelle n erreichet, und bemerke die Höhe nq, so gehöret diese Höhe der Wärme der Luft zu, die bey derselben Statt hat, wenn ein Cubikfuß 500 Grän wiegt, und das Barometer 29 Zoll hoch steht. Hieraus ergiebt sich leicht die derjenigen Wärme zugehörige Höhe, welche das Maß jeder andern Wärme seyn soll. Bey dieser soll nämlich das Barometer 28 Zoll hoch stehen, und ein Cubikfuß Luft 600 Grän wiegen. Es sey diese gesuchte Höhe $= x$, und die Höhe $= y$, welche der Wärme zugehöret, bey der die Dichtigkeit der Luft 500 Grän ist, und das Barometer 29 Zoll hoch stehet, so hat man

$$500 : 600 = nq : y$$

$$28 : 29 = y : x \text{ mithin}$$

$$x = \frac{29 \,.\, 600}{28 \,.\, 500} \,.\, nq = \frac{29}{28} \,.\, \frac{6}{5} \,.\, nq.$$

Wird nun diese Höhe x in 100 oder 1000 Theile getheilet, so werden diese Theile Grade des Luftthermometers abgeben, und es werden die auf solche Art zubereiteten Thermometer mit einander übereinstimmen.

Weil es aber beschwerlich ist, die Röhre jedes Mahl in eine schiefe Lage zu bringen, so hat der Hr. von Segner *) eine verbesserte Einrichtung angegeben, und gezeigt, wie sich die Reduktion der Höhe eg auf nq durch Rechnung bewerk-

*) Program. de aequandis thermometris aëreis. Goetting. 1739. 4.

werkstelligen lasse. Herr Lambert that den Vorschlag, dieses Luftthermometer, wenn es mit dem Barometer gehörig verbunden wird, als Hygrometer zu gebrauchen. M. s. **Luft**.

Nachher ist aber Herr Lambert *) wieder zu den leichtern Gebrauch des Amontons'schen Luftthermometers zurückgegangen, nur änderte er die Skale (fig. 5.) fb, welche er nicht, wie Amontons, in Zolle, sondern in Grade theilte, wovon ein jeder $\frac{1}{1000}$ deßjenigen Raumes ausmacht, den die Luft in der Kugel ed bey der Temperatur des thauenden Eises einnimmt. Diese Einrichtung gab er seinen Luftthermometer durch genaue Abwägung des Quecksilbers, welches in der Röhre und Kugel Platz hatte, und durch sorgfältiges Calibriren aller Theile der Röhre. Auch sah er dabey auf die Wirkung des Drucks der Atmosphäre, und der Verlängerung und Verkürzung der Quecksilbersäule selbst, bey veränderter Wärme. Nach allen diesen Berichtigungen leitete er endlich aus seinen mühsamen Versuchen dieses Resultat ab, daß sich die Luft, wenn man ihr Volumen bey der Temperatur des thauenden Eises = 1000 setzt, in der Hitze des siedenden Wassers bis zum Volumen 1375 oder um $\frac{375}{1000} = \frac{3}{8}$ ausdehne, wofür er aber hernach die Zahl 1370 annimmt. M. s. **Luft** (Th. III. S. 320.). Hr. Lambert gibt also dem Fundamentalabstande seines Luftthermometers 370 Grade so, daß zum Frostpunkte 1000, zum Siedpunkte aber 1370 gesetzet wird. Wenn man nun die vorhin angeführten Grundsätze als richtig annehmen könnte, so würden die Grade eines genau verfertigten Thermometers dieser Art Verhältnisse der wirklichen Wärme angeben; so müßte sich die Wärme des frierenden Wassers zur Wärme des siedenden wie 1 : 1,370 verhalten. Auch empfiehlt Lambert dieses Thermometer als ein solches, welches Grade der wirklichen Wärme anzeige, und folglich eine an sich selbst verständliche Sprache führe.

*) Pyrometrie. Berlin 1779. 4.

Allein der Satz, daß sich bey gleicher Dichte der Luft die Wärme, wie die Elasticität verhalte, ist schon nach der Theorie eben so wenig in aller Strenge wahr, als das Boylische oder Mariottische Gesetz. Selbst zwischen den Gränzen unserer Versuche bestätigen es die Erfahrungen nicht. Man glaubte zwar, daß seine Richtigkeit sich zum Theil auf theoretische Gründe, zum Theil aber auch auf Erfahrungen von Amontons, Lambert u. a. stütze; allein schon Roy's Versuche (Th. III. S. 320.) und die von Luz angeführten scheinen das Gegentheil zu beweisen; und die neuern Versuche der Herren Morveau und Duvernois (Luft. Th. III. S 321. 322.) widerlegen es gänzlich, so daß wenig Hoffnung übrig bleibt, durch Amontons Luftthermometer wirkliche Grade der Wärme zu finden.

Wie aber dieß Werkzeug mit größern Vortheile als Maß der Ausdehnungen oder Dichtigkeiten eingeschlossener Luft bey bekannten Wärmegraden gebrauchet werden könne, ist unter dem Artikel, Manometer, angeführet worden.

Außer den bisher erwähnten flüssigen Materien, um mittelst selbigen die verschiedenen Wärmegrade mit einander zu vergleichen, hat man auch feste Körper, besonders Metalle, zu dieser Absicht in Anwendung gebracht. Solche Werkzeuge dienen vorzüglich, große Grade der Hitze damit anzuzeigen, da flüssige Materien schon kochen würden. Man begreift sie unter dem allgemeinen Nahmen Pyrometer. Anfänglich verstand man zwar unter dem Nahmen Pyrometer nur solche Werkzeuge, welche zu Ausdehnungsmaßen bey schon bekannter Wärme dienen sollten. M. s. Pyrometer. Jetzt ist es aber gewöhnlich, überhaupt alle Vorrichtungen, welche zur Bestimmung hoher Grade der Hitze gebrauchet werden sollen, Pyrometer zu nennen. Herr Lambert unterscheidet Thermometer und Pyrometer so von einander, daß jene nur die schwächeren Grade der Wärme, diese aber die unserm Gefühle unerträglichen anzeigen sollen. In diesem Verstande lassen sich die so genannten Metallthermometer, welche eigentlich zur Bestimmung der Grade der Hitze dienen

nen sollen, unter die Pyrometer rechnen; auch können die meisten der unter dem Artikel, Pyrometer, angeführten Einrichtungen als Thermometer gebrauchet werden. Hier ist nur noch etwas von den eigentlichen Metallthermometern anzuführen.

Im Jahre 1746 gab Cromwell Mortimer *) ein solches Metallthermometer an. Dieses bestehet aus einem runden eisernen Stabe (fig. 10.) ab von $\frac{1}{4}$ Zoll im Durchmesser und 3 Fuß 1 Zoll Höhe, welches bey b in einem unbeweglichen Gestelle befestigt ist. Wenn nun dieser Stab durch Hitze ausgedehnet wird, so erhebt er den kürzern Arm eg des um g beweglichen Hebels egf. Am Ende des längern Armes bey f ist ein Faden über die Rolle h geführet, welcher durch das Gewicht i gespannt wird, so daß beym Herabsinken des Hebelarmes gf die Rolle h sich drehen, und den damit verbundenen Zeiger hn umwenden muß, welcher auf der unbeweglichen Scheibe mno die verlangten Grade angibt. So bald sich der Stab wieder verkürzt, so wird durch das Gegengewicht l der Hebel bey e wieder herabgezogen, mithin bey f erhoben, wodurch das Gewicht i Freyheit erhält, die Rolle h zurück zu drehen, und den Zeiger hn in die vorige Lage zu bringen. Da bey dieser Einrichtung eg sehr kurz gegen gf, und die Rolle h gegen den Zeiger hn sehr klein gemacht werden kann, so lassen sich auch geringe Veränderungen in Ansehung der Länge des Stabes ab bemerklich machen. Mortimer hat die Scheibe nach den Graden der Fahrenheitschen Skale so bezeichnet, daß der Zeiger in horizontaler Lage auf 212 stand. Eine Erhebung von etwa 75° gab die Siedhitze des Quecksilbers, und eine Umdrehung durch 180° die Hitze des schmelzenden Goldes.

*) A discourse concerning the usefulness of thermometers in chemical experiments &c. with the description and uses af a metalline thermometer newly invented, in Philos. Transact. Vol. XLIV. p. 484. app. p. 672.

Eine andere Einrichtung dieser Art, deren eigentlich Erfinder ein gewisser Frotheringham in Holbroch wa führte ein Künstler, John Ingram zu Spalding in Lincolshire aus α). Bey dieser erhebt auch ein eiserner Sta durch seine Verlängerung einen Hebel der zweyten Art nah bey dessen Ruhepunkte. Auf eine ähnliche Art wird durc das Ende dieses Hebels ein zweyter Hebel gehoben, und er dieser dreht mittelst eines an seinem Ende befestigten Faden die Rolle mit dem Zeiger um. Bey der Verkürzung de Stange sinken die beyden Hebel vermöge ihres Gewichte zurück, und bringen den Zeiger in die vorige Lage. Dies Werkzeug ward im Museum der Gentlemens society zu Spalding aufbewahret, und soll mit Beobachtungen an andern Werkzeugen sehr gut übereingestimmet haben.

Um die Veränderungen der Wärme noch merklicher zu machen, haben sich einige statt der Hebel Räderwerke bedienet. Dahin gehören die Metallthermometer von Fitzgerald β), von Zeiher γ) und vorzüglich vom Grafen von Löser. Von der Gräflich-löserischen Einrichtung hat Prof. Titius nach der eigenen Zeichnung des Grafen Nachricht ertheilet δ). Oben an dem eisernen Cylinder (fig. 11.) a b befinden sich die Hebel a d und a c, an welchen ein bleyernes Prisma d e befestiget ist, welches bey e mit dem Arme des oben bezahnten Sektors f p g in Verbindung steht. Dieser Sektor ist bey g um eine Achse beweglich, und greift mit seinen Zähnen in das Getriebe l. Mit diesem Getriebe ist zugleich ein Stirnrad k verbunden, welches nicht allein das Getriebe m, woran der Zeiger m n steckt, sondern auch das Stirnrad h, an dessen Welle sich der Zeiger i o befindet, in Umlauf bringt. Dieß ganze Räderwerk ist durch Bekleidungen, so wie solches die fig. 12. vorstellet, umgeben, wo der Zeiger m n sich auf einer großen Scheibe f, und der andere

α) Philosoph. Transact. Vol. XLV. n. 485. p. 128.
β) Philosoph. Transact. Vol. LI. P. II. p. 823.
γ) Nov. commentat. Petropol. Tom. IX. p. 305.
δ) Thermometri metallici ab inuentore comitis Löseri descriptio auct. Dan. Titio. Lips. 1765. 4.

dere Zeiger 10 auf einer kleinern t herumbeweget. Die kleine Scheibe ist in Grade getheilet, welche die Größe der Ausdehnungen in Graden der de l'Isl'schen Skale angeben; die größere hingegen ist in 10 Theile getheilet, und bemerket Decimaltheile der Grade auf der kleinen Scheibe.

Ein anderes sehr empfindliches Metallthermometer hat Herr **Felter**, Mechanikus zu Braunschweig, zusammengesetzet *) Dieses bestehet aus zwey senkrechten cylindrischen Stangen, die eine von Messing, und die andere von Eisen, welche parallel neben einander herablaufen, wovon eine jede über 4 Fuß länge bey $2\frac{1}{2}$ linie Durchmesser hat. Oben sind sie fest an einander vernietet; unten ist an der messingenen ein metallener Zeiger gegen drey Fuß lang fest, welcher durch die eiserne hindurch gehet. Wenn sich nun die messingene Stange ausdehnet, so geht der feste Punkt des Zeigers tiefer herab; da hingegen der längere Theil jenseit beyder Stangen in die Höhe rücket, und bey einer sehr geringen Ausdehnung einen großen Bogen beschreibt. Herr **Felter** bringt die Stange außerhalb des Zimmers an der Wärme an, und läßt den Zeiger durch die Mauer in das Zimmer gehen, wo er nach vielen Versuchen die Fahrenheitschen Grade auf einen Gradbogen getragen hat, welche hier so merklich werden, daß man jeden Grad noch in viele Theile theilen kann.

Alle diese Einrichtungen sind jedoch nicht fehlerfrey. Denn die Ausdehnungen der festen Körper sind an sich zu gering, so daß sie hierin den flüssigen Materien bey weiten nachstehen. Will man aber doch diese Ausdehnungen durch andere Mittel bemerklicher machen, so entstehen daraus Einrichtungen, welche zu sehr zusammengesetzet sind, und folglich die Fehler noch mehr vermehren, wodurch Abweichungen und Ungleichheiten des Ganges gar nicht zu vermeiden sind. Weniger fehlerhaft scheint die Methode des Herrn **Wedgwood** zu seyn, große Grade der Hitze zu bestimmen. Sie gründet

*) Gothaisches Magazin für das Neueste aus der Phys. u. Naturg. B. IV. St. 3. S. 89.

det sich auf die Eigenschaften des Thons, welcher sich in
Hitze zusammenziehet, und sich durch plötzliche Erkaltung ni
wieder ausdehnet *). Um den Grad der Hitze eines Ofe
zu bestimmen, legt er einen thonernen Würfel von ½ Z
Seite hinein, und wirft ihn sogleich, nachdem er ihn a
der Hitze des Ofens genommen hat, in kaltes Wasser. Hi
auf mißt er die Seite dieses Würfels auf einem Maßstal
welcher aus zwey messingenen Linealen bestehet, deren Seit
etwas schräg gegen einander zu laufen, und so weit von ei
ander abstehen, daß man den Würfel in die Nuthe, die
zwischen sich bilden, schieben kann. Der Würfel geht de
tiefer hinein, je schmäler seine Seite durch die Hitze gewo
den ist. An der Stelle, wo der Würfel stecken bleibt, ste
auf dem Lineale eine Zahl, die den Grad der Hitze angi
Seine Skale zur Bestimmung der Grade großer Hitze i
so eingerichtet, daß die Null bey dem Punkte des bey Ta
sichtbaren Rothglühens, d. i. bey Fahrenheits 1000 steh
und deren 240ster Grad mit 32277 nach Fahrenheit überei
stimmet [β]). Hieraus findet man für beyde Skalen, wan
der Wedgwood'sche mit f übereinstimmende Grad = w g
setzet wird, diese Vergleichungsformel

$$10 f - 1303 w = 10000.$$

Nach Wedgwood's Anführung schmelzt Eisen bey 130 Gra
seines Pyrometers, mithin werden

$$10 f - 1303 . 130 = 10000 \text{ oder}$$

$$f = 1000 + 1303 . 13 = 17939 \text{ nach Fahrenheit}$$

Der größte Grad, auf welchen Wedgwood die Erhitzun
seiner Würfel treiben konnte, war 160 Grad, wofür f =
1000 + 1303 . 16 = 20848 ist.

Andere Angaben solcher hohen Grade von Hitze hat ma
von Newton [γ]) und von Krafft [δ]), welche sich auf b
kannte Skalen reduciren lassen. Newton schloß seine A
gabe

*) Philos. Transact. Vol. LXXII. ingl. Götting. Magazin von Forst
und Lichtenberg 3ter Jahrg. St. 2. S. 313.
β) Philos. Transact. Vol LXXIV. P. II. p. 370.
γ) Philos. Transact. 1701. n 270. p. I.
δ) Commentat. Petropol. Tom. XIV. p. 218 sqq.

gaben zwar sehr sinnreich, aber sehr unsicher, aus der Zeit der Erkaltung der erhitzten Körper, indem er meinte, die Zeit müsse sich wie der Logarithme des Ueberschusses der Hitze über die Temperatur der äußern Luft verhalten. Außerdem setzte er voraus, daß sein Leinöhlthermometer absolute Größen der Wärme anzeigte. **Krafft** hingegen stellte seine Versuche mit Pyrometern an. **Erxleben** *) hat die Resultate auf die Fahrenheit'sche Skale reduciret, und sind folgende:

Fahrenh. Grad.

650. Das Eisen leuchtet nicht mehr im Dunkeln (**Krafft**). De Lüc's Entzündungspunkt (chaleur brûlante).

752. Das Eisen leuchtet im Dunkeln (**Newton**).

770. —— —— —— —— (**Krafft**).

800. —— —— in der Dämmerung (**Krafft**).

805. Spießglaskönig wird hart (**Newton**).

884. Das Eisen leuchtet in der Dämmerung (**Newton**).

1000. Das Eisen leuchtet bey Tage (**Krafft**).

1049. Hitze eines kleinen Steinkohlenfeuers, ohne daß es angeblasen wird (**Newton**).

1408. Hitze eines Holzfeuers (**Newton**).

M. s. **Wolf** nützliche Versuche. Th. II. Halle 1722. 8. Cap. V. **Karsten** Lehrbegriff der gesammten Mathematik. Th. III. Greifsw. 1769. 8. Aerostatik Abschn. IV. und VIII. C. G. *Haubold* diss. de thermometro Reaumuriano. Lips. 1771. 4. J. A. de Lüc Untersuch. über die Atmosphäre a. d. Franz. Leipz. Th. I. 1776. Th. II. 1778. Strohmeyer Anleitung, übereinstimmende Thermometer zu verfertigen. Götting. 1775. 8. Lutz vollständige Anweisung, Thermometer zu verfertigen. Nürnb. 1781. 8. Desselb. vollständige Beschreibung von allen Barometern nebst Anhang, seine Thermometer betreffend. Nürnb. u. Leipz. 1784. 8. Kästner Anfangsgründe der angew. Mathematik. 4te Aufl. Götting. 1792. 8. Aerometrie. §. 85. II. *Hindenburg* progr.

quo

*) Anfangsgründe der Naturwissensch. §. 470.

quo formulae comparandis gradibus thermometricis idoneae proponuntur. Lipſ. 1791. 4. Erxleben Anfangsgründe der Naturlehre durch Lichtenberg. Sechste Aufl. 1794. Anmerk. zu §. 465. 466. 472. J. T. Mayer Anfangsgründe der Naturlehre. 1801. §. 336–347.

Thermoſkop, ſ. **Thermometer**.

Thiere, thieriſche Körper (animalia, corpora regni animalis, animaux), heißen diejenigen organiſchen Körper, welchen Leben und Empfindung zukömmt, und ſich willkührlich bewegen können. Sie machen ein eigenes Reich in der Natur aus, welches in der Naturgeſchichte unter dem Nahmen des **Thierreiches** betrachtet wird. M. ſ. **Naturgeſchichte**. Die Thiere unterſcheiden ſich von den Pflanzen und Mineralien vorzüglich darin, daß die erſtern ein eigenes Princip zur Bewegung in ſich haben, welches den andern nicht ſo ganz unbedingt zuzukommen ſcheinet. Die Vorzüge, welche die Thiere vor den übrigen lebloſen Körpern beſitzen, ſind jedoch bey verſchiedenen gar ſehr verſchieden. Von dem Menſchen an, bey welchen ſie ſich in der erhabenſten Vollkommenheit zeigen, nehmen ſie bey verſchiedenen Claſſen und Arten der Thiere in merklichen Abſtufungen ab, und werden endlich bey den Thierpflanzen ſo unmerklich, daß dieſe unvollkommenen Geſchöpfe gleichſam den Uebergang aus dem Thierreiche in das Pflanzenreich ausmachen.

So verſchieden aber auch die äußere Geſtalt der Thiere iſt, ſo haben ſie doch alle das gemein, daß ſie ihre Speiſe und ihren Trank durch den Mund zu ſich nehmen, und zu dieſem Naturgeſchäfte durch Hunger und Durſt angereizet werden. Sonſt müſſen die Speiſen im thieriſchen Körper noch manche Veränderungen erleiden, ehe ſie zu wirklicher Ernährung der Thiere dienen können, wovon die Phyſiologie weitern Unterricht ertheilen muß. Beym geſunden Zuſtande zeigt das Blut der warmblütigen Thiere eine Wärme von etwa 100 Grad Fahrenh. M. ſ. **Wärme, thieriſche**. Das Blut der kaltblütigen Thiere und der Saft, welcher bey den weißblütigen die Ernährung bewirkt, beſitzen die Temperatur des umgebenden Mittels. Ueber-

Ueberhaupt beruhet der ganze Lebensprozeß auf wirklichen chemischen Operationen, durch welche endlich die zu sich genommenen Speisen der thierischen Substanz assimiliret werden. Zur Hervorbringung der Bewegungen dienen vorzüglich die **Muskeln**, wovon ein eigener Artikel handelt. Die meisten derselben kommen nach dem Entschlusse des Willens durch die **Nerven** in Bewegung, und daraus entstehen die willkührlichsten Bewegungen. Andere hingegen, wie das Herz, wirken ohne alle Verbindung mit dem Willen unaufhörlich und ohne Ermüdung.

Die Nerven haben ihren Ursprung aus dem Gehirn und Rückenmarke, und ihnen kommt noch außer dem Einflusse auf die Muskelbewegung noch das Geschäft zu, die von außen gemachten Eindrücke durch die Sinneswerkzeuge der Seele zuzuführen. M. s. Sinne. Uebrigens ist aber die Beschaffenheit der sinnlichen Empfindungen und der Werkzeuge bey den Thieren gar sehr verschieden. So scheinen nach **Linné** die Fühlhörner der Insekten eigene Sinneswerkzeuge zu seyn, und die Polypen haben beym gänzlichen Mangel des Gesichtes dennoch eine große Empfindung gegen das Licht. Unter dem Artikel, Sinne, ist angeführet worden, daß **Spallanzani** und andere aus verschiedenen Versuchen geschlossen hätten, daß die Fledermäuse außer den gewöhnlichen fünf Sinnen wahrscheinlich noch einen andern Sinn besitzen müßten. Allein neuerlich hat man diese Vermuthung gänzlich widerleget. Denn so bald den Fledermäusen außer dem Gesicht auch das Gehör genommen ward, so konnten sie in ihrem Fluge nun nicht mehr selbst dem geringsten entgegengesetzten Gegenstande ausweichen, sondern sie stießen vielmehr allenthalben an.

Sonst werden alle Thiere durch anhaltende Bewegungen und Anstrengung ihrer Kräfte so ermüdet, daß ihnen zur Erhohlung von Zeit zu Zeit eine eigene Art der Ruhe, der **Schlaf**, nöthig ist. Es gibt überdieß viele Thiere, welche außer diesem täglichen Schlafe noch in den rauhern Jahrszeiten einen besondern tiefen **Winterschlaf** haben, welcher in

in einer Art von Erstarrung besteht, wobey die warmblütigen Thiere eine unmerkliche Wärme übrig behalten, und die Puppen der Insekten, dem Leben des darin schlafenden Thieres unbeschadet, oft so durchfrieren, daß sie beym Herabfallen auf die Erde wie Eiszapfen oder Glas klingen.

Uebrigens hat die Natur den Thieren gewisse Instinkte oder thierische Triebe ertheilet, welche sie zur Hervorbringung mancher zweckmäßigen Handlung gleichsam anspornen. Dahin gehört außer dem Nahrungs- Vertheidigungs- und Begattungstriebe, der Trieb zum geselligen Leben, zur Einsammlung vorräthiger Speisen, zum Zuge in warme Länder, zur Wahl des Orts für die Eyer, zur Vorsorge für die Jungen, und besonders die bewundernswürdigen Kunsttriebe, von welchen allen Reimarus [α]) so schön gehandelt hat.

Bey dem Menschen sind die Naturtriebe dem weit vorzüglichern Gebrauche der Vernunft unterworfen, welche ihn weit über die übrige thierische Schöpfung erhebt, und ihm eine ausgebreitete Herrschaft über alle Naturreiche gibt.

Von dem Ritter Linné sind alle Thierarten unter die sechs Classen der Säugethiere, Vögel, Amphibien, Fische, Insekten und Gewürme geordnet, worin ihm fast alle Naturkundige folgen. Man findet die Zoologie in den Einleitungen der Naturgeschichte, die unter dem Artikel, Naturgeschichte, angeführet sind.

Von der Anatomie und Physiologie des menschlichen Körpers, handeln sehr viele Schriftsteller, die weiter nicht hierher gehören. Viel Vortreffliches hiervon findet man beym von Haller [β]). Thierische Körper überhaupt betreffen die Werke Severin's [γ]), Blasius [δ]), Valentini's

α) Betrachtungen über die Triebe der Thiere. 3te Ausg. Hamb. 1773. 8.

β) Elementa physiologiae corporis humani. Lauf. 1757–1766. 4. Tom. I–VIII.

γ) Zootomia Democritea s. anatome generalis &c. Norimb. 1645. 4.

δ) Anatomia animalium. Amst. 1681. 4.

tini's [α]), Collins [β]), Nehemiah Grey's [γ]), Boddaert's [δ]) und Leske's [ε]). Von der Geschichte und Literatur der comparativen Anatomie und Physiologie, oder der Vergleichung des menschlichen Körpers mit dem thierischen handelt Dr. Ludwig [ζ]).

Der thierische Körper bestehet aus einem Gemenge verschiedentlich gearteter, und mannichfaltig zusammengesetzter Stoffe. Einige davon sind den des Pflanzenreichs ähnlich, andere hingegen sind wesentlich davon verschieden. Unter die nähern Bestandtheile der thierischen Körper gehören die Gallerte, das Fett, der Eyweißstoff, der fadenartige Theil, die Knochenmaterie und der Milchzucker. Die Gallerte kömmt dem Aeußern nach mit dem Pflanzenschleime sehr überein. Sie löset sich im Wasser vollkommen und klar auf, und besitzt, wie dieser, wenig Geschmack und Geruch. Sonst unterscheidet sie sich aber wesentlich von dem Pflanzenschleime dadurch, daß sie bey der Verdünnung mit Wasser in der Wärme zwar erst in saure Gährung, aber nachher schnell in Fäulniß übergehet unter einem eigenthümlichen urinösen Geruche, welchen der Schleim nicht enthält. Durch das Eindicken wird sie zu einer zähen durchscheinenden Materie, und beym gänzlichen Eintrocknen bildet sie den spröden hornartigen, aber im Wasser leicht auflöslichen Tischlerleim. Von dem Fette, Eyweißstoff, fadenartigen Theil und Milchzucker handeln die Artikel, Fett, Blut, und Milchzuckersäure.

In

α) Amphitheatrum Zooticum. Frankf. 1720. 1742. Fol.

β) A system of anatomy, treating of the body of Men, Beasts. Fishes, Insects &c. Savoy. Tom. I. II. 1685. Fol.

γ) Comparative anatomy of stomach and guts in den Mus. reg. societ. Lond. 1680. Fol.

δ) Von den Theilen des thierischen Lebens in verschiedenen Thierarten, im 14ten Theile der Abhandl. der Haarlem. Gesellschaft der Wissenschaften.

ε) Progr. de physiologia animalium. Lips. 1775. 4.

ζ) Historiae anatomiae et physiologiae comparantis breuis expositio. Lips. 1787. 4.

In den Jahren 1786 und 1787 machte man bey der Räumung eines Begräbnißplatzes mitten in Paris die äußerst merkwürdige Entdeckung, daß sich das Muskelfleisch der thierischen Körper, so wie die meisten weichen Theile derselben unter gewissen Umständen in eine Art von Fett oder in eine weiche, weiße verbrennliche Materie verwandelt, die dem Wallrath ähnlich ist. In diesen Platz waren nämlich seit den letzten 30 Jahren mehr als 90000 zur Erde bestattet worden, obgleich der Flächenraum nicht mehr als 2000 Quadratteisen betrug. Daher war der größte Theil der todten Körper in gemeinschaftliche Gräber von 25 bis 30 Fuß Tiefe geleget worden, in deren jeden 1200 bis 1500 Särge Platz hatten. In diesen gemeinschaftlichen Gräbern fand man die Körper platt gedrückt, und in eine weiche, biegsame, weißgraue Materie verwandelt, welche die Knochen von allen Seiten umgab, und den Eindruck der Finger annahm. Diese fettartige Materie fand man nie bey einzelnen Leichnamen, sondern nur in den gemeinschaftlichen Gruben. Ueber diese merkwürdige Erscheinung haben die Herrn Fourcroy und Thouret genaue Untersuchungen angestellet [α]).

Durch einen gewissen Herrn Sneyd [β]) ward der königl. Societät zu London ein Stück von einem Vogel, so in einem Fischteiche unten auf dem Schlamme liegend gefunden war, übersendet. Dieser Vogel hatte sich in eine fette, dem Wallrath ähnliche, Materie verwandelt, und wurde in ihrer Consistenz, nachdem man sie schmelzte, fester, wie Wachs.

Ein in England sich aufhaltender Deutscher, Nahmens Schmeisser, bereitet Wallrath zu Lichtern durch die Kunst aus dem Fleische der thierischen Körper, und hat über die Erfindung ein Patent genommen.

Ver-

α) Journal de physique. Avril et May 1791. annales de chimie. Tom. V et VIII. Gothaisches Magazin für das Neueste a. d. Phys. und Naturg. B. VII. H. 4. S. 106.
β) Philosoph. Transact. for. 1792. Vol. LXXXII. P. II. p. 197.

Versuche über die Verwandlung des Fleisches in Wallrath hat George Smith Gibbes *) in Oxford angestellt, von welchen schon oben ist geredet worden.

Die aus den nähern Bestandtheilen zusammengesetzten Theile thierischer Körper sind sehr mannichfaltig, und einige davon noch wenig untersucht. Die Milch besteht aus folgenden dreyen bloß mit einander vermengten Bestandtheilen, dem Rahm oder Butter, welche sich von einem fetten Pflanzenöle durch nichts unterscheidet, dem Käse oder Eyweißstoff, und den Molken, welche den wässerigen Theil ausmachen, und ein eigenes wesentliches Salz, den Milchzucker, enthalten. Der Mucus (pituita), den man sonst auch Schleim nennet, scheint etwas Eyweißstoff und etwas vom fadenartigen Theil zu enthalten, und mit schleimigen gallertartigen Theilen vermischt zu seyn. Der Magensaft (succus gastricus) soll nach den Beobachtungen verschiedener Chemiker bey fleischfressenden Thieren eine Säure, bey den bloß kräuterfressenden Ammoniak enthalten. Allein Herr Spallanzani †) fand in dem Magensafte der fleischfressenden Thiere nie eine Säure, wohl aber in dem der körnerfressenden, welches auch Herr Gosse bestätiget. Herr Spallanzani hat sehr wahrscheinlich gemacht, daß die Säure, welche sich im Magensafte fand, bloß zufällig und von den Nahrungsmitteln abzuleiten sey. Der reine Magensaft enthält bloß Wasser, etwas weniges Kochsalz und thierische Substanz. Die in der Leber abgesonderte Galle, welche eine zur Verdauung der Nahrungsmittel nöthige Flüssigkeit ist, besteht aus Wasser, mineralalkalischer Fettseife und Eyweißstoff; auch haben einige noch einen geringen Antheil Kochsalz darin gefunden. Andere flüssige Theile der thierischen

*) Philosoph. Transact. for. 1794. P. II. p. 169. Grens neues Journ. der Physik. B. I. S. 126 f.

†) Experiences sur la digestion de l'homme et de differentes espèces d'animaux p. Mr. *Spallanzani*, trad. par Mr. *Sennebier* à Genève 1783. 8. Hr. Abt Spallanzani Versuche über das Verdauungsgeschäft des Menschen und verschiedener Thierarten nebst einigen Bemerk. des Herrn Sennebier. übers. von Chr. F. Michaelis. Leipz. 1785. 8.

schen Körper, als der Harn, die Ausdünstungsmaterie die Thränenfeuchtigkeit u. s. f. sind nach Beschaffenheit der Nahrungsmittel und des Gesundheitszustandes in ihrer Vermischung sehr veränderlich.

Die weichen festen Theile der Thiere, wie die Häute, das Zellgewebe, die Membranen, die Ligamente, die Knorpel, die Nägel u. s. f. haben den fadenartigen Theil zur Grundlage, und enthalten außerdem noch mehr oder weniger Gallerte. Die Knochen der warmblütigen Thiere lassen, wenn sie von allen nicht dazu gehörigen Theilen gereiniget, und von ihrem gallertartigen Stoffe durchs Auskochen mit Wasser völlig befreyet worden sind, eine weißliche unschmackhafte Substanz zurück, welche die so genannte **Knochenmaterie** ausmacht. Diese kommt in der Beschaffenheit ihrer Grundlage mit dem fadenartigen Theile überein. Ihre Bestandtheile sind Kalkerde, Basis der Phosphorsäure und Kohlensäure, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff. Die Gehäuse der Schalthiere, der Muscheln und Schnecken, die Eyerschalen, die Krebsaugen u. s. f. bestehen aus kohlensaurer Kalkerde mit etwas wenigen gallertartigen Theilen verbunden.

Wenn frische thierische Theile einer trockenen Destillation unterworfen werden, so erhält man aus selbigen bey dem nöthigen Grade der Hitze eine beträchtliche Menge von luftförmigen Stoffen, besonders kohlensaures und brennbares Gas, einen ammoniakalischen Geist, kohlensaures Ammoniak in concreter Gestalt, und ein empyreumatisches Oel. Das Fett der Thiere gibt bey der trockenen Destillation einen wirklich sauren Geist. M. s. Fett. Die Kohle der thierischen Körper gibt nach dem Einäschern die so genannte **Knochenasche**.

Bey einzelnen Thierarten befinden sich noch besondere Stoffe, wohin mancherley Pigmente, als z. B die **Cochenille** (coccus cacti L.), der schwarze Saft des **Tintenwurms** (sepia officinalis), der Purpur der Alten, der mit dem Safte mehrerer Schnecken, besonders des murex ramosus,

mosus, bereitet wurde; ferner einige Säuren, wie z. B. die der Ameisen, der Maywürmer, der Raupen u. s. f.; so wie die riechenden Substanzen, wie der Moschus oder Bisam, Bibergeil, Ambra, und Zibeth; und endlich die Gifte und thierischen Schärfen der spanischen Fliegen, der Bienen, Wespen, Hornissen, Scorpionen, der Vipern, der tollen Hunde u. s. f. gehören, deren Natur noch bis jetzt nicht gehörig untersuchet ist.

M. s. Blumenbach Handbuch der Naturgeschichte. Dritter Abschn. Von den Thieren überhaupt. Gren systematisches Handbuch der gesammten Chemie. Th. II. Halle, 1794 8. §. 1395 f.

Thierkreis (zodiacus, signifer, zodiaque). Unter diesem Ausdrucke versteht man einen Streifen oder eine Zone an der scheinbaren Himmelskugel zwischen zwey Kreisen, welche mit der Ekliptik auf ihren beyden Seiten parallel gehen, und den Raum bestimmen, innerhalb dessen die Planeten alle Mahl zu finden sind. Es machen nämlich die Ebenen der Planetenbahnen mit der Ebene der Erdbahn oder der Ekliptik sehr kleine Winkel. M. s. Neigung der Bahn. Daher können die Planeten sich niemahls sehr weit von der Ekliptik entfernen, und höchstens kann diese Entfernung, oder die geocentrische Breite, bey der Venus bis auf $8\frac{2}{3}$ Grad gehen. Wenn man also auf jeder Seite der Ekliptik einen mit ihr gleichlaufenden Kreis in der Entfernung von 9 bis 10 Grad um den Himmel beschreibet, so schließen diese Kreise den Streifen zwischen sich ein, worin die Planeten alle Mahl zu finden sind.

In diesem Streifen befinden sich auch die Sternbilder, wovon die zwölf Eintheilungen oder die Zeichen der Ekliptik benennet werden. Weil diese Sternbilder größtentheils von Thieren abgeleitet sind, so ist daher der Nahme des Thierkreises entstanden. Auch theilet man den Thierkreis in eben dieselben Zeichen, wie die Ekliptik, ab. Uebrigens nimmt der Thierkreis einen Raum am gestirnten Himmel ein, welcher unter allen der merkwürdigste ist; daher wird auch seine

Fläche mit auf die Ringkugel gebracht, um auf selbiger die Oerter der Sonne, des Mondes und der Planeten anzeigen zu können. M. s. Ringkugel. Ueberdieß hat man auch besondere Thierkreiskarten, in welchen die im Thierkreise sich befindlichen Sterne verzeichnet sind, so wie eigene Zeichnungen der Zodiakalsterne. M. s. Sternkarten. Fixsternverzeichnisse.

Thierkreislicht, Zodiakallicht, Zodiakalschein (lumen zodiacale, lumiére zodiacale). Im Frühjahre des Abends am westlichen und im Herbst des Morgens am östlichen Himmel erscheinet gewöhnlich ein von der Sonne ab, nach der Richtung des Thierkreises, in der Figur einer schräg liegenden Pyramide sich erstreckender der Milchstraße gleichender Lichtschimmer, welchen man den Nahmen des Thierkreislichtes gegeben hat. Dominic Cassini bemerkte dieß Licht zuerst am 18ten März 1683, und beobachtete es bis zum 26sten März [α]). Diese Beobachtungen wurden von 1684 bis 1686 durch Fatio de Duillier zu Genf und von 1688 bis 1693 durch Kirch und Eimenart fortgesetzet [β]). Nachher hat der Herr von Mairan [γ]) diese Erscheinung noch weiter mit großer Aufmerksamkeit beobachtet und daraus das Nordlicht abzuleiten gesucht. M. s. Nordlicht.

Für beyde genannte Jahrszeiten findet man das Thierkreislicht abgebildet auf der XXVII. Tafel des Doppelmayerschen Himmelsatlas.

Nach Cassini Muthmaßung soll dieses Licht mit der Erscheinung, welche die Alten durch den Nahmen der Balken (δοκος, trabes) andeuten, einerley seyn. Nach seiner Beschreibung ist dieses Licht dem Scheine der Milchstraße ähnlich, jedoch heller, in der Mitte glänzender, und gegen die Gränzen schwächer. Mairan hält dieß Licht für dichter und stärker, als den Schimmer der Milchstraße, und füget noch

α) Decouverte de la lumière céleste, qui paroit dans le Zodiaque p. Mſ. *Cassini* in den anciens memoires. Tom. VIII. p. 119.

β) Miscell. natur. curios. Dec. III. an. 1. p. 285 ſqq.

γ) Traité phyſ. et hiſtor. de l'aurore boreale in den memoir. de Paris 1731. u. besond. 1733.

noch die Bemerkung bey, daß es gegen den Horizont zu gelblich oder röthlich scheine. Beyde wollen zuweilen kleine sprühende Funken darin wahrgenommen haben; sie bemerken aber dabey, eine solche Erscheinung könne auch in der Anstrengung der Augen ihren Grund haben.

Der Herr von Mairan hat verschiedene Gründe angeführet, aus welchen er zu erweisen sucht, daß das Thierkreislicht nichts weiter, als die Atmosphäre der Sonne sey, welche entweder an sich selbst leuchte, oder von der Sonne erleuchtet werde, und in Gestalt eines wegen des Umschwunges der Sonne um ihre Achse sehr abgeplatteten linsenförmigen Sphäroids die Sonne so umgebe, daß sie nach der Richtung der Achse der Sonnenumdrehung die geringste, und nach der Richtung des Sonnenäquators, die mit der Ekliptik unter einem Winkel von $7\frac{1}{2}$ Grad geneigt ist, die größte Ausdehnung besitze. M. s. **Atmosphäre der Sonne.** Der Herr von Mairan hat seine Meinung mit vielem Scharfsinne darzuthun sich bemüht. Wenn nämlich die Erdkugel nicht selbst in die Sonnenatmosphäre eingesenket ist, so müssen uns täglich ihre Gränzen sichtbar seyn, und zwar der westliche Theil des Morgens vor Sonnenaufgang, und der östliche Theil des Abends nach Sonnenuntergang in Form eines zugespitzten Streifens. Allein oft ist die Lage des Thierkreises gegen den Horizont so flach, daß sich das Thierkreislicht gänzlich in der Dämmerung verlieret. Um den Anfang des März aber, da der Frühlingspunkt im Horizonte sich befindet, macht die Ekliptik mit dem Horizonte einen Winkel von $38\frac{2}{3} + 23\frac{1}{2}$, d. i. von mehr als 62 Graden, und da wir zu der nämlichen Zeit auch die kürzeste Dämmerung haben, so wird nach dem Aufhören der Dämmerung das Zodiakallicht gegen Westen, zwischen den Fischen, Kopf des Wallfisches und Widder sichtbar, und reicht bis zu den Hyaden im Stier. Dagegen ist es um diese Zeit des Morgens, da die Ekliptik gegen den Horizont sehr flach liegt, nicht wahrzunehmen. Wenn aber der Herbstpunkt im östlichen Horizonte sich befindet, d. i. um die Mitte

des Octobers, so erblicket man das Thierkreislicht am besten vor der Morgendämmerung. Es erstreckt sich alsdann schräg aufwärts durch den Löwen und Krebs bis an die Zwillinge, und ist dagegen um diese Zeit des Abends unsichtbar.

In den Ländern der heißen Zone sind der Aequator und die Ekliptik beständig unter so großen Winkeln gegen einander geneigt, und die Dämmerungen sind von so kurzer Dauer, daß die Sonnenatmosphäre fast das ganze Jahr hindurch Morgens und Abends wahrgenommen wird, wofern dieß nicht das Mondenlicht oder die trübe Luft verhindert. Zuweilen sieht man sie senkrecht auf den Horizont und sehr lebhaft, wie auch de la Caille auf seiner Reise nach Afrika beobachtet hat.

Auch ist bisweilen das Zodiakallicht in unsern Ländern an dem nämlichen Tage des Morgens und Abends sichtbar, besonders um die Zeit der Wintersonnenwende, da die Ekliptik mit dem Horizonte früh und Abends gleich große Winkel macht. So bemerkte es Cassini am 4ten Decemb. 1687 um 6½ Uhr Abends und am folgenden Morgen um 4 Uhr 40 Minuten. Um die Zeit der Sommersonnenwende läßt dieß die flache Lage des Thierkreises und die lange Dämmerung nicht zu.

Was die scheinbare Länge des Thierkreislichtes betrifft, so ist diese nach der verschiedenen Stellung der Erde gegen die Sonne verschieden. Von der Sonne aus gerechnet geht sie von 45° bis 100° auf einer Seite. Beträgt sie 90° und darüber, so muß sich alsdann die Erdkugel in der Sonnenatmospähre selbst befinden, und da sie selbige alsdann von allen Seiten umgibt, so müssen ihre Gränzen sehr undeutlich erscheinen. Aus gleichen Gründen geht auch die Breite gegen den Horizont von 8° bis 30°. Die Länge fällt am größten aus, wenn die Sonne in den Zeichen der Fische und der Jungfrau steht, weil alsdann die Erdkugel eine solche Stellung hat, daß wir auf die Ebene des Sonnenäquators unter dem größtmöglichen Winkel von 7½° sehen. M. s. Sonnenflecken.

Wenn

Wenn alle diese erwähnten Umstände ihre völlige Richtigkeit hätten, so würde es wohl gar keinem Zweifel unterworfen seyn, daß das Zodiakallicht etwas zur Sonne Gehöriges darstellen müsse. Allein viele andere Beobachtungen haben gezeigt, daß die Erscheinung sich nicht beständig so regelmäßig nach diesen Umständen richtet. Man hat daher das Zodiakallicht lieber als ein Meteor unserer Erdatmosphäre betrachten wollen. So bemerket Herr Hube *), daß das Zodiakallicht nur selten, häufiger und stärker des Abends als des Morgens, und in einigen Jahren viel öfter, als in andern erscheine. Seiner Meinung nach ist dieses Licht mit dem Nordlichte von gleicher Natur. Denn es sey eben so blaß, eben so durchsichtig, eben so bald weiß bald gelblich oder roth gefärbt, und zeige eben dieselbe innerliche zitternde Bewegung, als das Nordlicht in seinen Strahlen. Außerdem pflegten die Strahlen des Nordlichtes, wenn sie aus Westen oder Osten aufsteigen, eben so schief auf dem Horizonte zu stehen, und nach Süden abzuweichen, als das Zodiakallicht. Man sehe sogar unter dem letztern am Horizonte oft eine Art vom dunkeln Nebel, welcher in seiner Farbe und übrigen Beschaffenheit dem Nebel, der unter den Nordlichtern erscheine, völlig ähnlich sey. Ja oft gehe das Zodiakallicht in ein wirkliches Nordlicht über, indem gegen Norden zu noch und noch immer mehrere Strahlen und Lichtstreifen zum Vorschein kommen, welche mit dem Zodiakallichte ein Ganzes ausmachen. Oft sehe man auch das Zodiakallicht, selbst im Herbste, und Frühlinge gar nicht.

Es scheine, daß die obere Atmosphäre durch die Erwärmung oder Erkältung beym Aufgange und Untergange der Sonne vorzüglich stark elektrisiret werde, und daß aus dieser Ursache nicht nur das Zodiakallicht entstehe, sondern auch die Nordlichter mehrentheils bald nach dem Untergange der Sonne anfangen sichtbar zu werden.

*) Vollständiger Unterricht in der Naturlehre Th. I. Leipz. 1792. 8. 60ster Brief.

Digitized by Google

M. s. Bode Anleitung zur Kenntniß des gestirnten Himmels. Kästner Anfangsgründe der angewandten Mathematik. 4te Aufl. 1792. Astronomie §. 167. Hube vollständiger Unterricht in der Naturlehre. B. I. Leipz. 1793. 8. 60ster Brief.

Thonerde s. Alaunerde.

Titan (titanium), eine vom Herrn **Klaproth** in dem so genannten rothen Schörl entdeckte metallische Substanz, worin sie als natürlicher Kalk enthalten ist a). Auch im **Menakanit, Titanit** und in dem jetzt so genannten **Nigrin** und **Iserin** aus Siebenbürgen trifft man sie als solchen an. Der vollkommene Titankalk ist an Farbe roth, geht aber durch heftiges Glühen auf Kohle, und bey mehrerer Deoxidirung ins gelbe, bläuliche und schwärzliche über. Für sich ist er unschmelzbar. Vor dem Löthrohre wird er vom schmelzenden Borax aufgelöset, und gibt damit eine klare hyacinthrothe oder auch topasgelbe Glasperle nach Verschiedenheit seiner Menge; mit Phosphorsalze macht er eine schwärzliche Masse, deren Bruchstücke eine violette Farbe zeigen. Auf Porzellan mit einem schicklichen Schmelzflusse eingebrannt gibt er eine reine strohgelbe Farbe.

Der Titankalk widersteht der Reduktion zum regulinischen Metall ungemein. Indessen beweisen die Versuche von **Klaproth, Hecht** und **Vauquelin** die Reducirbarkeit, und hiernach scheint das Titan ein sprödes, höchst strengflüssiges Metall von einem krystallinischen Gefüge, und einer rothgelben Farbe zu seyn. Heiß zerschlagen zeigt dieß Metall einen Farbenwechsel von Purpur, violett und blau. In sehr heftigem Feuer scheint es flüchtig zu seyn. Das Zusammenschmelzen mit andern Metallen, außer mit Eisen, ist bis jetzt noch nicht gelungen.

Wenn der Titankalk mit sechs Theilen kohlensaurem feuerbeständigen Alkali geschmolzen, und die erkaltete Masse nachher

a) Untersuchung des ungarischen rothen Schörls in den Beyträgen zur chemischen Kenntniß der Mineralkörper B. I. 1795. 8. S. 233 f.

her im kochenden Wasser zerlassen wird, so scheidet sich ein weißlicher Niederschlag ab, welcher ausgesüßt sich nach Herrn Hecht und Vauquelin als kohlensaures Titan zeigt. Durchs Glühen verliert es die Kohlensäure, und zeigt, so lange es heiß ist, eine gelbe Farbe, wird aber auf einer Kohle geglühet röthlich, und dann schieferblau. Der reine und vollkommene Titankalk scheint von Säuren nicht angegriffen zu werden; der kohlensaure aber löset sich in verschiedenen Säuren auf. Mit erwärmter verdünnter Schwefelsäure macht er eine klare ungefärbte Auflösung, welche sich nicht krystallisiren läßt. Von der verdünnten Salpetersäure wird er ebenfalls in der Kälte klar und ungefärbt aufgelöset; durchs Sieden wird die Auflösung zersetzt, und sie wird milchicht.

Das Titan scheint also mit andern Metallen das gemein zu haben, daß sein Kalk nur im Zustande, worin er nicht vollkommen oxidirt ist, sich in Säuren auflösen läßt, und daß die Auflösung durch vollkommene Oxidirung des Kalkes wieder zersetzet wird.

M. s. Gren Grundriß der Chemie. Th. II. Zweyte Ausg. Halle, 1800. 8. §. 1776–1785.

Ton (tonus, ton) heißt die Empfindung, welche ein schallender Körper in unserm Gehörorgane zuwege bringt, wenn die Schwingungen desselben regelmäßig, d. h., gleichzeitig auf einander folgen. Wenn unser Gehör bey einem Schalle mehrere Reihen von Schwingungen unterscheidet, deren Folge zwar in jeder Reihe regelmäßig, allein in der einen Reihe schneller oder langsamer, als in der andern, ist, so hören wir mehrere Töne zugleich. Ein Schall, bey dem wir nur einen oder einige Töne hören, wird ein **Klang** genannt. Wenn aber die Schwingungen eines Körpers so unregelmäßig auf einander folgen, daß sich gar kein Ton unterscheiden läßt, so hört man bloß ein Geräusch, Getöse, einen dumpfen Schall. M. s. **Klang**.

Bey einem Tone kömmt es also vorzüglich auf eine bestimmte Anzahl der Schwingungen in einer gewissen Zeit an, und die Stärke desselben hängt bloß von der Stärke der Schwin-

Schwingungen ab, wobey sich die Tonkünstler der Worte Forte und Piano bedienen. Sonst beruhet der wesentliche Unterschied der Töne selbst auf die Geschwindigkeit, womit sich die Schwingungen folgen, oder auf die in einer gegebenen Zeit, z. B. einer Sekunde, vollbrachten Schwingungen. Ist diese Geschwindigkeit oder die Anzahl der Schwingungen groß, so nennt man den Ton einen **hohen**; ist sie aber gering, einen **tiefen** Ton. Ein besonders geübtes Gehör ist im Stande, das geringste Intervall zwischen einem höhern und tiefern Tone zu unterscheiden, und daher den eigentlich reinen Ton zu bemerken.

Herr **Euler** *) beweiset, daß die Anzahl der Schwingungen (eigentlich der halben Schwünge), welche eine gespannte Saite in einer Sekunde vollbringt, wenn man die Länge der Saite $= L$, ihr Gewicht $= G$, die spannende Kraft $= P$, und die Länge des Sekundenpendels $= b$ setzet,

$$\pi \cdot \frac{\sqrt{bP}}{L \cdot G} \text{ seyn müsse.}$$

Wird L in Rheinländ. Maßen ausgedrückt, das Sekundenpendel in unsern Gegenden $= 0,2026423 \ldots \times 15,625 = 3,1661 \ldots$ Rheinl. Fuß (m. s. **Pendel**), und $G : P = 1 : n$ gesetzt, so daß n anzeiget, wie vielmahl die Spannung der Saite stärker ist, als ihr Gewicht, so bekommt man für die Anzahl der Schwingungen in einer Sekunde

$$\pi \cdot \frac{\sqrt{(3,1661 \ldots n)}}{L}$$

daß folglich eine Saite von 2,5 Rheinl. Fuß Länge, wenn sie durch ihr 10000 faches Gewicht gespannt wird, in jeder Sekunde

$$3,1415 \cdot \frac{\sqrt{31661}}{2,5} = 355\tfrac{1}{2}$$

Schwingungen machen muß.

Wenn eine lange, dünne und tiefklingende Saite ihre Schwingungen vollbringt, so hört man außer ihrem Grundtone

*) Tentamen nouae theoriae musices. Petrop. 1739. 4. p. 6.

töne deutlich gewisse harmonische Töne demselben beygemischt, besonders wenn man an einem stillen Orte das Ohr nahe an die Saite hält, und am deutlichsten bemerket man die Nebentöne, indem sich der Grundton zu verlieren anfängt, und aufhört. Die Nebentöne fester elastischer Stäbe und anderer klingender fester Körper unterscheiden sich von den Nebentönen gespannter Saiten wesentlich dadurch, daß sie mit dem Grundtone nicht harmonisch sind. Auch hört man die unharmonischen Nebentöne oft allein, ohne den Grundton. Inzwischen haben alle Nebentöne überhaupt ihre Gränzen, weil wir sie nicht weiter hören, wenn sie zu fein sind.

Herr **Chladni** *) fand noch eine ganz andere Schwingungsart der Saiten, nach welcher sich dieselben ihrer Länge nach abwechselnd ausdehnen und verkürzen. Er nennt die Töne, welche auf solche Art hervorgebracht werden, **Längentöne**. Sie lassen sich hören, wenn man die Saiten mit dem Bogen unter einem sehr spitzen Winkel anstreicht. Sie geben einen sehr unangenehmen Klang, und dienen nicht zum praktischen Gebrauch, sind aber wegen ihrer gänzlichen Abweichung von allen übrigen Schwingungsarten sehr merkwürdig. Streicht man die Saite auf diese Weise um die Mitte an, so bekömmt man einen Ton, welcher den gewöhnlichen Grundton derselben um 3 bis 5 Oktaven an Höhe übertreffen kann. Wird hingegen die Saite in der Mitte gedämpft, und die Hälfte in ihrer Mitte gestrichen, so gibt sie wie gewöhnlich die Oktave des vorigen Tons. Diese Längentöne haben kein bestimmtes Verhältniß gegen die durch recht winklichtes Streichen zu erhaltenden Töne, und es kömmt hierbey sehr wenig auf die Spannung der Saite an. Werden die gewöhnlichen Töne durch eine stärkere Spannung fast um eine Oktave erhöhet, so nimmt die Höhe der Längentöne kaum um einen halben Ton zu.

In

*) Entdeckungen über die Theorie des Klanges. Leipz. 1787. 4. S. 76. ingl. über die Längentöne einer Saite, in der Berliner musikal. Monatbsschrift. August 1792.

In der Musik werden gewöhnlich die brauchbaren Töne mit Buchstaben bezeichnet. Euler fand, daß der mit a bezeichnete Ton etwa 392 Schwingungen in einer Sekunde vollbringe. Da nun der Ton a zu dem Tone C wie 10 : 3 sich verhält, wie bald mit mehreren gezeiget werden wird, so müßte hieraus folgen, daß dem Tone C 3 . 39,2 = 117⅗ Schwingungen in einer Sekunde zugehörten. Indessen läßt sich dieß nicht in aller Strenge annehmen, und an einem andern Orte [α]) gibt Euler dem C etwa 100 Schwingungen in einer Sekunde.

Sauveur [β]) that den Vorschlag, denjenigen Ton, welchem in einer Sekunde 100 Schwingungen zugehören, als einen festen Ton anzunehmen, um der Nachwelt ein absolutes Tonmaß zu übergeben, und derselben keine Unbestimmtheit in Rücksicht der Töne zu hinterlassen, so wie es uns bey der Musik der alten Griechen zu gehen pfleget, deren Töne wir nicht kennen, ob wir gleich ihre Schriften von der Tonkunst besitzen. Wenn man aber überleget, was für feine Abmessungen der Längen, der Gewichte, und besonders der spannenden Kräfte da zu einer solchen überaus wichtigen Festsetzung gehören, und wie unsicher alle diese Abmessungen durch mancherley Umstände in der Ausübung gemacht werden, so wird man zu diesem Vorschlage eben nicht sonderlich geneigt seyn. Sauveur's fester Ton würde, so viel sich aus Euler's Schätzung schließen läßt, etwas höher, als unser Contra-A seyn (dem 98 Schwingungen zukommen, wenn a davon 392 besitzet), und folglich nicht einmahl unter den in unserer Tonkunst gebräuchlichen Tönen vorkommen.

Der wichtigste Theil der Musiklehre beruhet nicht so wohl auf die absoluten Schwingungszahlen, als vielmehr auf die relativen, oder auf die Verhältnisse derselben bey verschiedenen Tönen. Hierbey bedienet man sich zum Vortrage

α) Briefe an eine Deutsche Prinzessinn, a. d. Franz. 3ter Brief.
β) Systême general des intervalles des sons in den memoir. de Paris 1701. p. 297.

trage der Melodie nur der Saiteninstrumente oder Blasinstrumente. Der Ton beyder ist allezeit nur mit harmonischen Nebentönen gemischt, und erregt auch in Resonanzböden und Saiten nur harmonische Nebentöne. Dieser musikalische oder reine Ton ist also allezeit ganz allein oder doch vorzüglich von harmonischen Nebentönen begleitet, anstatt daß der Ton der Scheiben, Bleche, Glocken und anderer ähnlicher Körper immer durch unharmonische Nebentöne mehr oder weniger verunreiniget wird. Es war also nicht, wie Herr Chladni glaubet, ein Mangel der Kenntniß unharmonischer Nebentöne der Scheiben und Glocken, welcher einen Rameau, D'Alembert und Rousseau bewog, die Grundsätze der Musik aus den Nebentönen, welche sich allemahl mit den Haupttönen vermischen, herzuleiten; sondern die Ueberzeugung, daß die Nebentöne der musikalischen Instrumente allezeit harmonische Töne sind, und daß man bey der Erklärung der Grundsätze der Musik nicht auf die unreinen Töne der Scheiben und Glocken, sondern bloß auf die reinen und musikalischen zu sehen habe.

Es ist bekannt, daß gleich lange, gleich dicke, und gleich gespannte Saiten in einerley Zeit gleich viel Schwingungen machen, folglich einerley Ton geben. M. s. Einklang. Geben aber Saiten in einerley Zeit nicht gleich viel Schwingungen, mithin verschiedene Töne, so wird ihr Unterschied, oder Intervall, durch das geometrische Verhältniß ihrer in einerley Zeit Statt findenden Schwingungszahlen ausgedrückt. Das Zusammenklingen mehrerer Töne zugleich ist unserm Gehör angenehm, das von andern Tönen aber unangenehm; in dem erstern Falle heißen die Intervalle Consonanzen, im andern Dissonanzen, von welchen eigene Artikel handeln.

Die gefälligsten Consonanzen sind die Oktave, Quinte und Terze vom tiefern Tone. Denn weil ein jeder musikalischer Ton mit seinen höhern Oktaven, Quinten, und Terzen, ob sie gleich nur undeutlich und schwach mitklingen,

ver-

vermischt ist, so haben wir eine Fertigkeit und Neigung, uns diese Nebentöne mit vorzustellen, so oft wir einen solchen Ton hören, und es ist uns daher angenehm, wenn diese Neigung auf eine vollkommene Art befriediget wird. Gewöhnlich ist man der Meinung, daß dieses vorzügliche Wohlgefallen an den Oktaven, Quinten und Terzen von dem leichten Verhältnisse dieser Töne zu dem Grundtone herrühre. Allein Herr Hube bemerket, daß diese Meinung kaum eine ernstliche Widerlegung verdiene. Denn da die Luftstöße, welche unser Ohr empfange, indem es einen Ton hört, viel zu schwach seyen, und viel zu schnell auf einander folgen, als daß wir sie unterscheiden und zählen könnten, da wir uns ihrer nicht einmahl bewußt wären, wie sey es möglich, daß wir die Menge dieser Schläge, die das Ohr in einer gewissen Zeit erhalte, zählen und vergleichen sollten? Die Empfindung des Ohrs sey nicht die Wirkung einzelner Luftstöße, sondern vielmehr, so zu sagen, eines Continuums von Luftstößen, und daher hörten wir auch einen Ton, aber wir fühlten nicht im Ohre eine Reihe von Luftstößen. Ueberdieß klinge z. B. die Quinte noch immer angenehm, wenn sie auch etwas zu niedrig sey, wenn sie sich z. B. wie 40 : 27 zum Haupttone verhalte. Und dennoch werde das Ohr auf das stärkste beleidiget, wenn zwey Töne zusammenklingen, die sich wie 6 : 7 gegen einander verhalten, ungeachtet das Verhältniß 6 : 7 viel leichter und einfacher sey, als das von 40 : 27. Dergleichen Beyspiele könne man noch sehr viele anführen, welche alle ganz augenscheinlich bewiesen, daß unsere Empfindung beym Zusammenklingen der Töne gar nicht davon abhänge, ob diese Verhältnisse einfach und leicht sind oder nicht.

Die Verschiedenheit der Töne rühre davon her, daß bey jedem Schalle, den wir hörten, sehr viele Lufttheilchen zugleich mit ganz verschiedener Stärke in unser Ohr wirkten, daß sie von verschiedener Masse und Beschaffenheit, und bald auf diese, bald auf jene Art mit einander verbunden sind. Ueberdieß sind in den vielen Reihen ähnlicher Luftstöße, welche das Ohr zugleich erhält, die einzelnen Stöße bald mehr bald

weni-

weniger von einander entfernet, weil mit jedem Tone sich unzählig viel andere Schalle von den umliegenden Körpern vermischten. Endlich hange die Beschaffenheit eines Tons auch von der Art ab, wie er sich nach und nach verändere. Denn er habe alle Mahl eine gewisse Dauer, und verändere sich während derselben beständig und oft sehr merklich, wenn er gleich immer einerley Höhe und Tiefe behalte. Schlage man z. B. einen elastischen Körper mit einem andern, so bleibe dieser an jenem allezeit etwas liegen, indem der Ton anfange. Er dämpfe also mehrentheils den Ton in seinem Anfange, und verändere ihn wenigstens oft sehr merklich, selbst dadurch, daß er selbst mit zittere, und seinen Schall mit dem Tone des Hauptkörpers vermische. Wie sehr verschieden sey nicht der Ton eines Flügels von dem eines Forte-piano, bloß weil die Saite in jenem mit einer Rabenfeder gerissen, in diesem aber mit einem Hammer geschlagen werde? So dämpften wir auch den Ton unserer Stimme bald mit den Zähnen, bald mit den Lippen, u. s. w. entweder an seinem Anfange oder an seinem Ende, und diese Dämpfung sey die eigentliche Ursache der großen Mannichfaltigkeiten der artikulirten Töne.

Hieraus erhelle nun, daß ein jeder Ton wenn er gleich noch so einfach sey, eben so, wie ein jeder Körper, seinen eigenen Bau, sein besonderes Gewebe habe, wodurch er sich auch von solchen Tönen sehr deutlich unterscheiden könne, die mit ihm gleich hoch oder tief sind. So unterscheiden sich die Töne einer Geige und einer Flöte, eines Flügels und einer Harfe u. s. f. Selbst in den Stimmen der Menschen sey eine so unendliche Mannichfaltigkeit, als in den Gesichtern.

Die Oktave, von welcher ein eigener Artikel handelt, entsteht durch das Verhältniß 2 : 1. Eben so entstehen die doppelte, dreyfache, vierfache Oktave durch die Verhältnisse 4 : 1; 8 : 1; 16 : 1. In der Musiklehre bezeichnet man die Töne, welche um Oktaven aus einander liegen, durch denselben Buchstaben, nur mit einer kleinen Abänderung, als

C, c, $\bar{c}$, $\bar{\bar{c}}$, $\bar{\bar{\bar{c}}}$, ausgedrückt. Wenn man voraussetzen kann, daß c in einer Sekunde 100 Schwingungen vollbringt, so werden auf c 200, auf $\bar{c}$ 400, auf $\bar{\bar{c}}$ 800, und auf $\bar{\bar{\bar{c}}}$ 1600 Schwingungen kommen, der untern Oktave von C oder dem Contra-C werden nur 50 Schwingungen zukommen.

Ganz andere Töne gibt das Verhältniß 3:1. Vollendet C in einer Sekunde 100 Schwingungen, so ist der Ton, welcher 300 Schwingungen macht, höher als c, aber tiefer als $\bar{c}$. Die Tonkünstler bezeichnen ihn mit g, mithin seine untere Oktave, zu welcher 150 Schwingungen gehören, mit G, und seine obere mit $\bar{g}$. Auf diese Art entstehet folgende Reihe

Schwing. Zahl.	100	150	200	300	400	600	800
Nahmen	C	G	c	g	$\bar{c}$	$\bar{g}$	$\bar{\bar{c}}$

Das Intervall von C — G; c — g; c — g nennt man eine Quinte, und es ist leicht zu erkennen, daß ihm zum Grundtone oder der Tonica C, c, $\bar{c}$ das Verhältniß 150 : 100 = 3 : 2 zukommt. Ueberdem ergibt sich aus dieser Reihe noch das Intervall G — c; g — $\bar{c}$; $\bar{g}$ — $\bar{\bar{c}}$, dessen Verhältniß 150 : 200 = 3 : 4 ist. Steigt man von C aus um dieses Intervall, so bekommt man einen Ton der vier Mahl schwingt, indem C drey Mahl schwingt, welchem also 133⅓ Schwingungen zugehören. Diesen Ton bezeichnet man mit F, f, $\bar{f}$, und das Intervall C — F oder G — c wird die Quart genannt. Auf solche Art kommen zur vorigen Reihe noch diese Töne.

133⅓	266⅔	533⅓	1066⅔
F	f	$\bar{f}$	$\bar{\bar{f}}$

Daraus ergibt sich das neue Intervall F — G, f — g, $\bar{f}$ — $\bar{g}$ im Verhältnisse 133⅓ : 150 = 8 : 9, welches die Sekunde, oder der Abstand eines ganzen Tones genannt wird. Wenn man von C aus um dieses Intervall steigt

so erhält man den Ton D, welchem $112\frac{1}{2}$ Schwingungen zukommen. Dieser Ton gibt mit seinen Oktaven

$112\frac{1}{2}$ 225 450 900

D d $\overline{d}$ $\overline{\overline{d}}$

Eben so ergibt sich in voriger Reihe das Intervall G — f, g — $\overline{f}$ in Verhältnisse $150 : 266\frac{2}{3} = 9 : 16$, welches die Septime heißt. Durch dieses Intervall bekommt man von C aus den Ton B von $177\frac{7}{9}$ Schwingungen, welchen man nebst seinen Oktaven noch hinzuzusetzen hat.

Setzt man hierzu noch das Verhältniß 5 : 1, so erhält man von dem Grundtone C aus einen Ton, dem 500 Schwingungen zukommen, und welcher folglich zwischen 450 und $533\frac{1}{3}$ oder zwischen $\overline{d}$ und $\overline{f}$ fallen muß, und mit $\overline{e}$ bezeichnet wird. Dieser Ton gibt mit seinen Oktaven

125 250 500 1000

E e $\overline{e}$ $\overline{\overline{e}}$

gegen C, c, $\overline{c}$ das Intervall C — E im Verhältnisse $100 : 125 = 4 : 5$ unter dem Nahmen der großen Terz. Durch Einführung dieses Tones zeigt sich das neue Intervall G — e im Verhältnisse $150 : 250 = 3 : 5$ die Sexte. Diese gibt von C ausgerechnet den Ton A von $166\frac{2}{3}$ Schwingungen, der mit seinen Oktaven folgende Töne hervorbringt

$166\frac{2}{3}$ $333\frac{1}{3}$ $666\frac{2}{3}$ $1333\frac{1}{3}$

A a $\overline{a}$ $\overline{\overline{a}}$

Endlich ergibt sich aus der Vergleichung des E mit F das Verhältniß $125 : 133\frac{1}{3} = 15 : 16$, welches das Intervall eines halben Tones heißt, und von der Oktave des Grundtones, oder von c herabwärts genommen, den Ton H von $187\frac{1}{2}$ Schwingungen gibt, dessen Intervall vom Grundtone C – H im Verhältnisse $100 : 187\frac{1}{2} = 8 : 15$ die große Septime heißt, so wie das Intervall A — c im Verhältnisse $166\frac{2}{3} : 200 = 5 : 6$ die kleine Terz genennet wird.

Nach Eulers Erklärung besteht aus diesen Tönen das heutige so genannte **diatonische System**, worin den bisher angeführten Tönen folgende Schwingungszahlen zugehören

C	D	E	F	G	A	B	H	c
100	$112\frac{1}{2}$	125	$133\frac{1}{3}$	150	$166\frac{2}{3}$	$177\frac{7}{9}$	$187\frac{1}{2}$	200

Diese Tonleiter, wobey B und H nur für eine Stufe zu rechnen ist, gibt die Ursache der Benennung der Oktave, Quinte, Sexte und übrigen Intervalle an. Sie läßt sich sehr leicht durch die höhern Oktaven fortsetzen, wenn man von c aus auf d, e, f, g u. s. durch Verdoppelung der Zahlen von D, E, F, G u. s. fortgehet.

Wenn die Saiten gleich dick und gleich stark gespannt sind, so verhalten sich die Schwingungszahlen verkehrt, wie ihre Längen. M. s. **Saiten**. Dividiret man daher 100 durch die Zahl eines jeden Tones, so entstehen daraus folgende Verhältnisse der Saitenlängen, die gewöhnlich **Verhältnisse der Töne** selbst genennet werden.

C	D	E	F	G	A	B	H	c
1	$\frac{8}{9}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{9}{16}$	$\frac{8}{15}$	$\frac{1}{2}$

Um hierüber Versuche anzustellen, gebrauchet man das so genannte **Monochord** oder, wie es von einigen genannt wird, den **Tonmesser** (sonométre), ein Werkzeug von einer einzigen Saite mit einem beweglichen Stege. Dieses Instrument hat einen Resonanzboden wie ein Klavier, und ist an 3 Fuß lang, aber nur einige Zoll breit. Die Saite geht an beyden über einen Steg. Das eine Ende der Saite wird durch einen Wirbel gespannt, das andere aber ist gewöhnlich an dem vertikalen Arme eines kleinen Winkelhebels befestiget, dergleichen man sich beym Zuge einer Klingel zu bedienen pflegt, oder man spannt es eben so wie das erstere durch einen Wirbel. An dem horizontalen Arme dieses an dem Instrumente angebrachten Hebels hängt ein Gewicht, welches man nach Gefallen verändern kann. Die ganze Länge der Saite ist durch einen an der Seite befindlichen Maß-

Maßstab in viele gleiche Theile getheilet, und mit Hülfe des beweglichen Steges läßt sich die Länge der Saite in jedem beliebigen Verhältnisse abändern, und zugleich bemerken, um wie viel dadurch der Ton höher oder tiefer wird. Auch macht man das Monochord, um mehrere Töne zugleich zu haben, bisweilen von 4 Saiten, an welchen zugleich Tasten zum Anschlagen angebracht werden. Es sey (fig. 13.) ACBD der Kasten, ab, cd, ef, gh seyn vier gleich lange, gleich dicke und gleich stark gespannte Saiten, bb, dd, ff, hh die Tasten zum Anschlagen durch Federn oder Hämmer, und lk und pm Schieber, an deren Enden k und m Stege befindlich sind, so daß beym Anschlagen der andern und dritten Saite nur die Längen kd und mf klingen; auch sey unter der vierten Saite ein Steg n genau auf ihrer halben Länge gestellt, damit nur die halbe Saite nh töne. Waren nun anfänglich die Saiten so gestimmt, daß sie einerley Ton z. B. C angaben, so wird alsdann die halbe Saite nh, die Oktave c stimmen. Wenn man ferner die Schieber pm und lk so weit einschiebt, daß mf gerade $\frac{2}{3}$, und kd $\frac{4}{5}$ der ganzen Länge ab ausmacht, so wird mf die Quinte G, kd aber die große Terz E angeben u. s. w. Zum Gebrauche ist es bequemer, wenn die ledigen Saiten, ehe noch die Stege darunter gestellt werden, so gestimmt sind, daß ab eine reine Oktave tiefer angibt, als die übrigen drey Saiten.

Das Tonsystem der alten Griechen war von dem bisher Angeführten gar sehr verschieden: Merkur soll vermöge einer Tradition zuerst aus vier zwischen zwey Stierhörnern gespannten Saiten die Lyra gebildet haben, welche nur die vier Töne hatte, die wir etwa jetzt mit A, d, e, a bezeichnen. Also enthielt dieses System nur zwey Quarten und zwey Quinten, nämlich A — d; e — a; A — e; d — a. In der Folge wurden diese Saiten vermehret, daß der Anzahl nach ihrer 8 waren. Vermuthlich ging es hiermit so zu; man kam zuerst darauf, auch dem Tone d seine Quarte g zu geben, und dem Tone e die Unterquarte B beyzufügen. Auf solche Art

 entstan-

entstanden 4 in einander geschobene Quarten (Tetrachorde). Wenn man auch dem Tone g seine Quarte c noch zuordnen wollte, so ging diese zwar schon über die ursprüngliche Oktave A — a hinaus; allein man konnte die Unteroktave c derselben dem Systeme hinsetzen, und alsdann noch die Quarte f von derselben beyfügen. So entstand aus den zwey ersten Quarten bloß durch das Verhältniß 3 : 4 folgendes System von 8 Saiten

A	B	c	d	e	f	g	a
1	$\frac{8}{9}$	$\frac{27}{32}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{81}{128}$	$\frac{9}{16}$	$\frac{1}{2}$

worin bey der Fortsetzung durch die folgenden Oktaven ein jeder Ton seine reine Ober- und Unterquarte hat, der Ton f ausgenommen, dem seine Oberquarte $\frac{3}{4} \cdot \frac{81}{128} = \frac{243}{512}$ fehlt. Nachher wurde diese zwar eingeführet, und die erste Oktave mit dem Verhältnisse $\frac{243}{256}$ heruntergetragen; allein die Saite erhielt keinen neuen Nahmen, sondern wurde von den neuern als B betrachtet, dagegen das ehemalige B nunmehr mit B ♮ bezeichnet wurde, wofür nachher H gesetzet worden ist.

Wenn man dieß alte Tonsystem nach jetziger Art mit C anfängt (welchem Tone oben $\frac{27}{16}$ zugehöret), so müssen alle vorhergehende Verhältnißzahlen durch $\frac{16}{27}$ multipliciret werden, und daraus ergibt sich folgende Reihe:

C	D	E	F	G	A	B	H	c
1	$\frac{8}{9}$	$\frac{64}{81}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{16}{27}$	$\frac{9}{16}$	$\frac{128}{243}$	$\frac{1}{2}$

Um nun die Größe der Stufen in einem solchen Systeme zu bestimmen, muß eine jede folgende Zahl durch die vorhergehende dividiret werden, und daraus erhält man folgende Stufen des alten Systems

C D E F G A H c

$\frac{8}{9}$ $\frac{8}{9}$ $\frac{243}{256}$ $\frac{8}{9}$ $\frac{8}{9}$ $\frac{8}{9}$ $\frac{243}{256}$

Man sieht also hieraus, daß in dem alten Systeme, wo jeder ganze Ton um $\frac{8}{9}$ und jeder halbe um $\frac{243}{256}$ fortging, gar keine reine Terzen von $\frac{4}{5}$ und $\frac{5}{6}$ vorkamen; sondern es hatten die großen Terzen das Verhältniß $\frac{64}{81}$, die kleinen

das

das $\frac{3}{3}\frac{7}{2}$; dagegen waren die Quarten und Quinten völlig rein, die Quinte von H ausgenommen, welche gar nicht vorkam. Außer diesem diatonischen Systeme hatten die Alten noch ein enharmonisches oder chromatisches System, in welchem sich mehrere und zum Theil sehr fein unterschiedene Töne befanden *). Dieses System ist bis in das 16te Jahrhundert beybehalten worden. Hieraus mußte aber nothwendig ein ganz eigener Charakter der alten Musik entstehen, welche überhaupt mehr auf Melodie als auf Harmonie beruhete, bey welcher letztern die unreinen Terzen eine eigne Wirkung thun mußten. Alles dieß geht aber bloß die musikalischen Instrumente an, welche den Gesang begleiten; unstreitig wird dabey der freye Sänger, der seine Töne so, wie es das Gehör verlangt, hervorbringen darf, auch ohne Absicht statt der unreinen systematischen Terzen die angenehmern gesungen haben.

Nachdem aber in Italien eigene Lehrstühle der Musik errichtet wurden, fing der gelehrte Venetianische Tonkünstler Giuseppe Zarlino an, das alte diatonische System zu verbessern. Es scheinet, es habe ihm die harmonische Theilung, welche von dieser Zeit an so vielen Beyfall erhielt, Veranlassung dazu gegeben. Denn durch die harmonische Theilung der Oktave C — c (1 : $\frac{1}{2}$) wird man auf die Quinte G $= \frac{2}{3}$ geleitet; durch die andere Theilung auf die große Terz E $= \frac{2}{2,5} = \frac{4}{5}$; durch die dritte Theilung auf die Sekunde D $= \frac{2}{2,25} = \frac{8}{9}$. Die Oktave arithmetisch getheilt gab die Quarte F $= \frac{3}{4}$. Die obere Quinte F — c wieder harmonisch getheilt, gab die Sexte A $= \frac{3}{5}$. Nun war noch das Intervall der kleinen Terz A — c mit einer Mittelsaite auszufüllen, wobey aber weder harmonische noch arithmetische Theilung half, indem beyde keine diatonische Intervalle

*) M. s. dictionaire de musique par J. J. Rousseau à Paris 1767. 4. art. Système.

mehr gaben. Daher half man sich mit der doppelten Saite BH, wo B die reine Quart von F, mithin $\frac{3}{4} \cdot \frac{3}{4} = \frac{4}{16}$, H die reine große Terz von G, also $\frac{4}{5} \cdot \frac{2}{3} = \frac{8}{15}$ ausmachte. Auf solche Art erhielt man das neue bereits oben angeführte Tonsystem, in welchem jeder Ton eine ganz reine, entweder große oder kleine Terz hat, den einzigen Ton D ausgenommen, dessen Terz D — F nur $\frac{27}{32}$ ist. Dagegen haben hier D und H keine reinen Quinten, und A keine reine Quart. Untersucht man die Stufen dieses Systems, so findet man folgendes

C D E F G A H c

$\frac{8}{9}$ $\frac{9}{10}$ $\frac{15}{16}$ $\frac{8}{9}$ $\frac{9}{10}$ $\frac{8}{9}$ $\frac{15}{16}$

daß folglich drey größere, zwey kleinere und zwey halbe Töne vorkommen.

Die alten Tonkünstler bedienten sich dieser diatonischen Leitern ehedem so, daß sie von den Saiten des Systems bald diese, bald jene, nur B und H ausgenommen, zum Grundtone wählten, woraus das Stück componiret wurde. Da aber C und F nur große, D, E, A, H hingegen kleine Terzen in der neuern Tonleiter hatten, so war man auch nur vermögend, aus den erstern Stücke in der harten, und aus dem andern Stücke in der weichen Tonart zu setzen. Ueberdem konnte auch kein Intervall verändert werden, nur H ausgenommen, wofür B gesetzet werden konnte, so daß der einzige Ton G beyde zu Terzen hatte. Wenn man daher ein componirtes Stück transponiren wollte (z. B. aus G spielen, welches aus C gesetzet war), so verlor es auf den Instrumenten seinen ganzen Charakter; der Schluß H — c, welcher dem Gehör so angenehm ist, verwandelt sich in den unerträglichen F — G, welcher, sich durch einen großen ganzen Ton erstrecket. Beym Singen traf man wohl das richtige Intervall nach dem Gehör, aber Orgel und Instrument besaßen es nicht.

Dieß gab Veranlassung, zu den bisherigen Tönen noch die großen Terzen von D, E, A, H unter den Nahmen des um einen halben Ton erhöheten F, G, C, D oder Fis, Gis,

Cis,

Cis, Dis hinzuzusetzen, jedoch so, daß sie auch gegen die Stimmung der übrigen Töne gehalten ziemlich reine Intervallen geben sollten, um sich derselben überall bedienen zu können, wo es das Bedürfniß des transponirten Gesanges erfordert. Allein beydes zugleich läßt sich nicht vollkommen erreichen. Soll z. B. Fis die reine Terz von D seyn, so muß es $= \frac{4}{5} \cdot \frac{8}{9} = \frac{32}{45}$ genommen werden; soll es aber die reine Sexte vom Contra-A geben, so wird verlangt, daß es $\frac{3}{5} \cdot \frac{6}{5} = \frac{18}{25}$ sey. Was es übrigens bey der Einführung dieser Töne für eine eigentliche Bewandtniß gehabt habe, läßt sich nicht genau bestimmen.

In der Folge fing man auch an, diese Töne als Grundtöne zu gebrauchen, so daß aus jedem der zwölf Töne des neuen Systems sowohl in der harten als auch weichen Tonart sollte musiciret werden können. Ob durch diese Veränderung der Musik ein größerer Vortheil erwachsen sey, ist noch streitig. Die Alten hatten wenigstens bey ihren wenigern Grundtönen mehr Tonarten, deren eigenthümlicher Ausdruck verschieden war, und von deren besondern Wirkung noch schöne Beyspiele in den ältern Kirchenmelodien sich finden.

Der neuen Absicht zu Folge sollte nun das System eine solche Einrichtung erhalten, daß eine jede der zwölf Saiten ihre reine große und kleine Terz, Quarte und Quinte hätte. Allein dieß ist unmöglich, ohne noch mehrere neue Töne einzuführen. Man könnte aber auch alsdann wieder verlangen, diese als Grundtöne zu gebrauchen; dieses würde wieder neue Terzen u. s. w. erfordern, und auf solche Art das System ins Unendliche vermehren. An sich liegen auch zwischen jeder Oktave eine unendliche Menge verschiedener Töne.

Man muß daher zufrieden seyn, bey den zwölf Tönen des bisherigen Systems stehen zu bleiben, und ihnen eine solche Stimmung zu geben, daß ein jeder Ton zum Grundtone gewählet werden könne, ohne jedoch das Gehör zu beleidigen. Hierbey ist es aber unmöglich, lauter reine Intervalle zu erhalten, daher muß man sich begnügen, eine solche

Einrichtung zu treffen, bey welcher die möglichst kleinste Abweichung von der höchsten Reinigkeit Statt finde, und eben eine solche Einrichtung des Tonsystems führet den Nahmen der **Temperatur**.

Man hat sehr viele solche Temperaturen vorgeschlagen. Eine der merkwürdigsten ist die so genannte **gleichschwebende** oder **mathematische** Temperatur, bey welcher die Oktave C c in 12 gleiche Intervalle oder Stufen getheilet wird. Um dieses zu erhalten, muß man also die Längen der Saiten durch eine Reihe von 12 geometrischen Proportionalzahlen ausdrücken, oder welches einerley ist, zwischen 1 und $\frac{1}{2}$ eilf mittlere geometrische Proportionalzahlen suchen. Hierzu haben die Tonkünstler allerley Anweisungen gegeben, theils durch Zeichnung, theils durch Rechnung. Die leichteste Methode ist, zwischen den Logarithmen von 1 und $\frac{1}{2}$ eilf arithmetische mittlere Proportionalzahlen zu suchen, und diese als Logarithmen der zugehörigen Saitenlängen anzusehen. Der Unterschied dieser Logarithmen ist der zwölfte Theil des Logarithmen von $\frac{1}{2}$ oder — 0,0250858. Man findet hierdurch

Töne	Logarithmen	Saitenlängen
C	4,0000000 — 4	1,0000
Cis	3,9749142 — 4	0,9438
D	3,9498283 — 4	0,8909
Dis	3,9247425 — 4	0,8409
E	3,8996567 — 4	0,7937
F	3,8745808 — 4	0,7491
Fis	3,8494850 — 4	0,7071
G	3,8243991 — 4	0,6674
Gis	3,7993132 — 4	0,6300
A	3,7742275 — 4	0,5946
B	3,7491417 — 4	0,5612
H	3,7240558 — 4	0,5297
c	3,6989700 — 4	0,5000

Diese Temperatur ist ohne allen Zweifel diejenige, welche die größte Annäherung an die Reinigkeit für alle Consonanzen gewähret. Die Intervallen der Quinten fallen nämlich

ins-

insgesammt um ein sehr weniges kleiner aus als im Verhältnisse 3 : 2; die Intervalle der großen Terzen aber um etwas weniges zu groß, und die Intervalle der kleinen Terzen wieder ein wenig zu klein. Die Rechnung zeiget, daß die Schwebung der großen Terzen ein wenig mehr, als die Schwebung der Quinten, und die Schwebung der kleinen Terzen wieder ein wenig mehr, als die Schwebung der großen Terzen betrage. Auf solche Art treffen die stärksten Schwebungen die mindervollkommenen Consonanzen, welches dem feinen musicalischen Gehör desto weniger Anstoß macht. Bey allen diesen Vortheilen aber scheint es doch, als ob es bey den Tonkünstlern noch nicht völlig entschieden sey, ob die gleichschwebende Temperatur vor jeder andern ungleichschwebenden den Vorzug behaupte; oder ob vielleicht die eine und die andere ungleichschwebende Temperatur der gleichschwebenden vorzuziehen sey? Bey der gleichschwebenden Temperatur sind alle Tonarten gleich gut, und jede Tonart ist mit der andern einerley; man kann also ohne Beleidigung des Gehörs aus einem Tone in den andern gehen. Allein es zeiget sich bey derselben die große Schwierigkeit der Stimmung, welche bey ihr nicht anders, als nach einem genau getheilten Monochord möglich ist, und andere Tonkünstler sind der Meinung, daß eine jede Tonart ihren besondern Charakter haben müssen, und eben das mache verschiedene Tonarten auch zu verschiedenen Arten des Ausdrucks geschickt.

Herr Dan. P. Strähle *) hat ein Verfahren angegeben, wie die Eintheilung des Monochords durch eine geometrische Construktion gefunden werden kann. Man theile nämlich (fig. 14.) eine Linie BC in 12 gleiche Theile, und beschreibe über selbiger das gleichschenklichte Dreyeck BCA so, daß AB = AC = 2 BC; hiernächst ziehe man aus der Spitze A nach allen Theilungspunkten der Linie BC gerade Linien, wie AV, Af, Ae. Hierauf nehme man ferner Bc = Bf oder = $\frac{7}{12}$ BC, und ziehe Cc, welches man bis k verlängert, so daß cK = cC wird. Stellt nun

*) Abhandl. der schwed. Akad. B. V. S. 226 u. f.

nun KC die ganze Länge der Saite des Monochords für den Ton C vor, so wird diese Länge KC von den Theilungslinien AV, Af, Ae so durchschnitten, wie es den Tönen des Systems gemäß ist. Schiebt man also den beweglichen Steg von C, unter E, F, Gis, c, so gibt das Monochord die Töne an, welche diesen Nahmen führen. In einer darauf folgenden Abhandlung hat Herr Jacob Faggot eine trigonometrische Rechnung darüber angestellt, und darin eine ganz neue vorher unbekannte Temperatur zu finden geglaubt. Allein bey dieser Rechnung hat er sich sehr versehen, indem er gleich bey der Auflösung des Dreyecks BCc an Statt der Logarithmen der Tangenten (durch Verwechselung der Logarithmen in den Tafeln) die Logarithmen der zugehörigen Sinus nimmt, und dadurch den Winkel c fast 7° zu klein findet, welcher Rechnungsfehler in alle folgende Resultate Einfluß hat. Herr Funk [a]) hat diese Rechnung einer schärfern Prüfung unterworfen, und sie richtig geführet, wobey er zugleich gezeigt hat, daß man durch diese Construktion nichts weiter, als eine Annäherung an die gleichschwebende Temperatur erhält.

Die gleichschwebende Temperatur haben besonders die Herren Rameau, D'Alembert und Andere mehr vertheidiget.

Dagegen hat Herr Kirnberger [b]) eine Temperatur angegeben, welche ein jeder guter Stimmer, meistens durch Quinten, ohne große Mühe treffen kann, und welche nicht, wie viele andere vorgeschlagene, manchen Tönen vorzüglich reine Intervalle, zum Schaden der übrigen, gibt, sondern sich mehr an das hält, was der Natur des reinen Gesanges aus jedem Grundtone am nächsten kömmt. Die Verhältnisse dieser Temperatur stellt folgende Tafel dar, wo man sie sehr leicht mit den der gleichschwebenden Temperatur vergleichen kann:

C

a) Progr. de sono et tono. Lips. 1779. 4.
b) Die Kunst des reinen Satzes in der Musik. Berlin, 1771. 4.

C —	1 —	1,0000
Cis —	$\frac{243}{256}$ —	0,9492
D —	$\frac{8}{9}$ —	0,8889
Dis —	$\frac{27}{32}$ —	0,8437
E —	$\frac{4}{5}$ —	0,8000
F —	$\frac{3}{4}$ —	0,7500
Fis —	$\frac{32}{45}$ —	0,7111
G —	$\frac{2}{3}$ —	0,6667
Gis —	$\frac{81}{128}$ —	0,6328
A —	$\frac{161}{270}$ —	0,5963
B —	$\frac{9}{16}$ —	0,5625
H —	$\frac{8}{15}$ —	0,5313
c —	$\frac{1}{2}$ —	0,5000

Noch mehreren Unterricht über diesen Gegenstand kann man in G. F. T. (Tempelhof) Gedanken über die Temperatur des Herrn **Kirnbergers** (Berlin, 1775. 8.) und **Marpurgs** Versuch über die musikalische Temperatur (Breslau, 1776. 8.) finden.

Uebrigens gibt es aber für die Tiefe und Höhe der Töne gewisse Gränzen, über welche hinaus unser Gehör keinen Ton weiter unterscheiden kann. **Sauveur** setzt für den tiefsten hörbaren Ton den von $12\frac{1}{2}$ und für den höchsten den von 6400 Schwingungen in einer Sekunde, welche um neun Oktaven von einander abstehen. **Euler** aber schränket diese Gränzen auf 30 und 7520, oder nach neuern Bestimmungen auf 20 und 4000 Schwingungen ein, welches ungefähr acht Oktaven ausmacht.

Unsere Instrumente enthalten gewöhnlich zehn Oktaven, welche folglich 121 Töne geben. Der tiefste Ton der Orgeln kommt von einer 32 Fuß langen, und der höchste von einer $\frac{1}{32}$ Fuß langen Pfeife. Zum Gesange selbst aber werden die zwey untersten und drey obersten dieser Oktaven nie gebraucht. Sie dienen bloß zur Verstärkung der Harmonie.

Das zur Melodie brauchbare Tonsystem geht von C bis c, oder von dem Tone von 8 Fuß bis zu den von $\frac{1}{4}$ Fuß durch eine Reihe von 61 Tönen. Allein schon hiervon ist der Gebrauch der obersten Oktave nur außerordentlich.

Von der Aehnlichkeit der Töne mit den Farben s. m. die Artikel, **Farbenbild**, **Farbenklavier**.

M. s. **Eulers** Briefe an eine deutsche Prinzessinn a. d. Franz. durch **Kries**. Th. I. Br. 4–7. **J. G. Sulzers** allge-

allgemeine Theorie der schönen Künste. Leipz. 1786. 8. Art. Ton, System, Temperatur. Karsten Anfangsgründe der Naturlehre mit Anmerk. von Gren. Halle, 1790. 8. Abschn. XVII. Hube vollständiger und faßlicher Unterricht in der Naturlehre. B. III. Leipzig, 1794. 8. 61–66. Brief.

Topf, Papinianischer s. Papinianische Maschine.

Torf s. Sümpfe.

Torricellische Leere s. Leere.

Torricellische Röhre s. Barometer.

Trabanten s. Nebenplaneten.

Trägheit (inertia, inertie) heißt das Unvermögen der Körper, sich zur Bewegung oder Ruhe, als Veränderung ihres Zustandes, zu bestimmen. Die Materie, als bloßer Gegenstand äußerer Sinne, hat keine andere Bestimmungen, als die der äußern Verhältnisse im Raume, und erleidet folglich auch keine Veränderungen, als die ihr räumliches Verhältniß betreffen. In Ansehung dieses als Wechsels der Ruhe mit der Bewegung oder der Bewegung mit Ruhe, oder der einen Bewegung mit einer andern, muß eine Ursache Statt finden. Diese Ursache aber kann nicht innerlich seyn; denn die Materie hat keine schlechthin innere Bestimmungen und Bestimmungsgründe. Mithin ist alle Veränderung einer Materie auf äußere Ursache gegründet.

Dieß stimmt auch ganz vollkommen mit der Erfahrung überein. Es ist nämlich eine bekannte Sache, daß Anwendung der Kraft erfordert wird, um einen ruhenden Körper in Bewegung zu bringen, und einen bewegten in Ruhe zu versetzen. Wenigstens fühlen wir in uns eine solche Anwendung der Kraft, wenn die angeführten Zustände der Körper hervorgebracht werden sollen; aber eben daher schließen wir auch in andern Fällen, wo wir Bewegung oder Ruhe ohne unser Zuthun verändert wahrnehmen, daß eine äußere Ursache diese Veränderung hervorbringe, und daß kein Körper seinen Zustand ohne eine solche äußere Ursache ändern könne.

E

So richtig diese Vorstellung ist, so hat man doch von jeher mehr in den Begriff der Trägheit gelegt, als er wirklich enthält. Cartesius [a]) behauptete, ein jeder Körper besitze eine Kraft, in seinem vorigen Zustande zu beharren, mithin die Ruhe fortzusetzen, wenn er ruhe, und in Bewegung zu bleiben, wenn er sich bewege. Dabey nimmt er noch an, daß es auf die Richtung des bewegten Körpers gar nicht ankomme, er mag zurück, seitwärts, oder nach jeder andern Richtung hingehen; es soll also eine Kraft seyn, welche den Körper beständig in seiner Bewegung erhalte, ohne weiter auf seine Richtung Rücksicht zu nehmen.

Daß solche irrige Begriffe von der Trägheit der Körper keine richtige Gesetze des Stoßes geben konnten, ist bereits unter dem Artikel, **Stoß der Körper**, gezeigt worden.

Weit richtigere Vorstellungen hatten die Erfinder der wahren Gesetze des Stoßes, besonders **Huygens**. Man erkannte, daß eine jede von der vorigen Richtung abgeänderte Bewegung eine neue Ursache erfordere, und daß folglich kein Körper eine krummlinigte Bahn beschreiben könne, wenn nicht in jedem Punkte derselben eine neue von der vorigen Richtung ablenkende Kraft wirke. Auch **D. Hook** schlug diesen Grundsatz in seiner neuen Mechanik der Himmelskörper vor. M. s. **Gravitation**. Endlich drückte **Newton** die ganze Sache sehr richtig und bestimmt im folgenden Satze aus [β]): corpus omne perseuerare in statu quiescendi et mouendi vniformiter in directum, nisi quatenus a viribus impressis cogitur statum illum mutare.

Dieser Satz ist seit dieser Zeit als einer der ersten Grundsätze in der Mechanik eingeführet worden, und hat den Nahmen des **Gesetzes der Trägheit** (lex inertiae) erhalten. Diesem Gesetze zu Folge ist Kraft nöthig, einen ruhenden Körper in Bewegung zu versetzen, und den bewegten Körper in seiner Richtung oder Geschwindigkeit zu ändern. Wenn aber

[a]) Princip. philosoph. Par. II. prop. XXXVII.

[β]) Princip. natur. Lib. I. axiomata s. leges motus. lex. I.

aber die Kraft auf den Körper zu wirken aufhört, so verbleibt er in dem letzten Zustande, worin ihn die Kraft versetzet hat, d. h., er kommt entweder zur Ruhe, oder beweget sich mit der letzten Geschwindigkeit nach derjenigen Richtung, nach welcher ihn die Kraft trieb, gleichförmig und geradlinigt fort, bis wieder eine neue Kraft diesen Zustand ändert. Wenn daher bey der krummlinigten Bewegung eines Körpers diejenige Kraft, welche ihn in der krummen Bahn erhält, den Augenblick zu wirken aufhörte, so würde nun der Körper mit dem letzten Antriebe in einer geraden Linie gleichförmig sich fortbewegen, welche eine Tangente der Curve wäre.

Es verhält sich also hierbey die Materie ganz leidend, sie beweget sich nicht, wenn nicht eine äußere Ursache auf sie wirket, und sie setzt beständig ihre einmahl erlangte Bewegung gleichförmig fort, wofern nicht ebenfalls eine äußere Ursache dieß ändert. Es will also das Gesetz der Trägheit nichts weiter sagen, als alle Materie, als solche, ist **leblos**.

Bleibt man bey diesem richtigen Begriffe der Trägheit stehen, so lassen sich alle die Streitigkeiten, die man über die Kraft der Trägheit geführet hat, sehr leicht beurtheilen. Man ward nämlich auf den Gedanken der **Trägheitskraft** (vis inertiae) durch folgende Erfahrung geleitet: man fand, daß bey jeder Aenderung des Zustandes eines Körpers Kraft aufgewendet wird; daher stellte man sich vor, in dem trägen Körper müsse eine eigene Kraft liegen, welche derjenigen entgegen wirke, die ihn in einen andern Zustand zu versetzen strebe. Allein man hat hier offenbar das Gesetz der einer jeden Wirkung entgegengesetzten gleichen Gegenwirkung mit dem Gesetze der Trägheit verwechselt. Denn jenes sagt, was die Materie thut, dieses aber was sie nicht thut, welches dem Ausdruck der Trägheit offenbar angemessener ist. Da nun die Trägheit der Materie nichts weiter bedeutet, als ihre **Leblosigkeit**, als Materie an sich selbst, so folgt ohne alle Umschweife, daß der Ausdruck Trägheitskraft ganz ohne Sinn ist.

Brisson und **Nollet** suchten zu erweisen, daß die Trägheitskraft (da man z. B. Kraft anwenden muß, um eine auf einem Tische liegende Kugel fortzubewegen) nicht vom Widerstande der Luft herrühre, 1) weil sie auch im luftleeren Raume Statt finde, 2) weil Widerstand der Luft selbst Trägheit voraussetze, und 3) weil sich die Trägheit nicht wie die Oberfläche verhalte. Andere z. B. P. **Gardon** α) und **Kratzenstein** β) halten die Trägheitskraft für einerley mit der Schwere. Man sieht sehr leicht, daß alle diese Gedanken dem Begriffe der Trägheit ganz entgegen sind, und daher eigentlich gar nichts sagen. Weit richtiger von der Trägheit dachten **Stewart** γ) und **Leopold Hermann** δ).

D. Franklin ε) hält die Trägheit für ein Unding, und meint, alles würde bey den Körpern gerade so erfolgen müssen, wie jetzt, wenn man gleich kein solches Bestreben in ihrem Zustande zu beharren, keine Trägheit, bey denselben wahrnähme. Hier ist offenbar, daß dieser Physiker von der Trägheit mehr erwartet, als aus dem richtigen Begriff derselben fließt, und also eigentlich nur, wie es mehreren Physikern ergangen ist, bloß den unrichtigen Begriff bestreitet, den er sich von der Sache gemacht hat. Auch hat er in einer neuen Schrift ζ), bey Erklärung eines mechanischen Phänomens, wiederum von der Trägheit Gebrauch gemacht.

Euler η) sucht aus der Trägheitskraft, welche dem zur Denkkraft gehörigen Vermögen, seinen Zustand unaufhörlich zu ändern, gerade entgegengesetzt sey, zu erweisen, daß Gott selbst der Materie keine Denkkraft verleihen könne. Allein schwer-

α) Physicae experim. elementa. Erf. 1751. 8. Tom. I. p. 42.
β) Diss. amolitia vis inertiae et vis repulsiuae. Havn. 1770. 8.
γ) Some remarks on the laws of motion and the inertie of matter in den Edinb. essays Vol. I. p. 70.
δ) Comment. de inertia Halae 1774. 4.
ε) On the vis inertiae of matter in a lettre to Mr. Baxter in *Benj. Franklin's* Political, miscellaneous and philosophical pieces. Lond. 1779. 4. p. 479.
ζ) Maritime observations in den Philos. Transact. of the American Society Vol. II. p. 308.
η) Enodatio quaestionis, vtrum materiae facultas cogitandi tribui possit necne; in opusc. var. argum. T. I. Berol. 1746. 4. p. 277. sq.

schwerlich läßt sich wohl aus dem Begriffe der Trägheit der Materie, als Leblosigkeit derselben, beweisen, daß sie ihrem Wesen nach völlig kraftlos seyn müsse; denn sonst würde sie zu gar keiner Bewegung fähig seyn. Leben kann man der Materie als solcher nicht zuschreiben. Das Leben besteht nähmlich in dem Vermögen einer Substanz, sich aus einem innern Princip zum Handeln, einer endlichen Substanz sich zur Veränderung, und einer materiellen Substanz sich zur Bewegung oder Ruhe, als Veränderung ihres Zustandes, zu bestimmen. Nun kennen wir kein anderes inneres Princip einer Substanz, ihren Zustand zu verändern, als das Begehren, und überhaupt keine andere innere Thätigkeit, als Denken, mit dem, was davon abhängt, Gefühl der Lust oder Unlust, und Begierde oder Willen. Diese Bestimmungsgründe und Handlungen gehören aber nicht zu den Vorstellungen äußerer Sinne, und folglich auch nicht zu den Bestimmungen der Materie als Materie. Auch fließt aus demselben Begriffe der Trägheit, als bloßer Leblosigkeit, daß sie nicht ein positives Bestreben, seinen Zustand zu erhalten, bedeute. Nur lebende Wesen werden in diesem letzten Verstande träg genannt, weil sie eine Vorstellung von einem andern Zustande haben, den sie verabscheuen, und ihre Kraft dagegen anstrengen.

Priestley, durch eben den falschen Begriff von Trägheit verleitet, meint, man schände die Materie, wenn man sie für träg halte, und sucht sie zu veredeln, indem er ihr Trägheit und Undurchdringlichkeit abspricht. **De Lüc** aber zeigt ihm, daß seine aus lauter Kräften und Wirkungskreisen zusammengesetzte Materie im wahren Sinn des Worts dennoch wieder träg seyn würde, wobey doch auch Herr **de Lüc** bemerkt, daß vielleicht in der Materie mehr liege, als wir mit unsern Sinnen darin wahrzunehmen vermögen. M. s. **Materie.**

Am schönsten hat Herr **Kästner** *) den Begriff der Trägheit erörtert, ob er gleich zuletzt, mit denjenigen, die ihm gefolgt sind, wieder mehr daraus folgert, als mit der Natur der

*) Anfangsgründe der höhern Mechanik. Abschn. I. Cap. 2.

der Sache bestehen kann. So soll eine richtige Folge aus dem Begriffe der Trägheit seyn, daß sich die Trägheit, wie die Menge der Materie verhalte, d. h. in einem Körper von doppelter, dreyfacher Masse u. s. f. eben so viel Aenderung des Zustandes hervorzubringen, sey doppelt, dreymahl so viel Kraft u. s. nöthig, als in einem Körper von einfacher Masse ein gleiches zu thun. Dieß sey nun ganz natürlich, da wir keine andere, als bloß träge Masse kennten, also die doppelte Masse so viel ausmache, als zwey Körper, deren jeder die einfache Kraft erfordere u. s. f. Diesen Satz bestritt schon **Gren** in der zweyten Ausgabe seines Grundrisses der Naturwissenschaft. Dieser behauptete, die Trägheit der Materie könne derselben keine Kraft ertheilen, zu widerstehen in Ruhe oder Bewegung, und daraus folge von selbst, daß die träge Materie die zur Aenderung ihres Zustandes der Ruhe oder Bewegung angewandte Kraft nicht vermindere, in so fern sie bloß träge sey, und ihr keine Kräfte inhärirten, die jener Kraft entgegenwirkten, und sie dadurch vermindern könnten. Es sey also die bloß träge Masse des beweglichen Körpers gar kein Hinderniß seiner Beweglichkeit, und diese stehe in keinem Verhältnisse mit der trägen Masse. Die doppelt, dreyfache u. s. w. so große Masse, sey also eben so beweglich, wie die einfache Masse. Bey der Bewegung bloß träger Körper soll daher die Masse gar nicht in Anschlag kommen, indem sie die Beweglichkeit weder vermindere noch vermehre, und nur die Geschwindigkeit allein soll das Maß der Kraft und die Größe der Bewegung bestimmen. Denn, sagt Herr Gren: wenn Trägheit Gleichgültigkeit der Körper gegen Ruhe und Bewegung ist, so muß auch der Satz, daß die Trägheit der Masse proportional sey, ohne Sinn seyn, indem es so wenig Grade der Gleichgültigkeit, als der Ruhe geben kann. Um jedoch Herrn Gren zu verstehen, muß man sich erinnern, daß er die bloß träge Materie von der widerstehenden unterscheidet; bey der erstern kömmt es bloß auf die Bewegung, und was davon abhängt, Richtung und Geschwindigkeit, an; bey der andern aber werden auch die

derselben inhärirenden Kräfte mit in Betrachtung gezogen. Daher sagt Gren, die Masse komme bey der Schätzung der Kraft eines bewegten Körpers nur so fern in Betracht, als diese Masse die Zahl der Theile dieses Körpers anzeige, deren jeder durch die beschleunigende Kraft afficiert werde. Den in Bewegung befindlichen Körpern selbst, wenn sie bloß träge wären, könnten wir keine bewegende Kraft zuschreiben, weil Trägheit keine Kraft sey. Kraft sey eigentlich nur das, was Widerstand zu leisten vermöge; die Gleichgültigkeit der Körper gegen Ruhe und Bewegung könne ihnen aber keine Kraft zum Widerstande in Ruhe oder Bewegung ertheilen. Man sollte also eigentlich sagen; es gehöre eine Ursache dazu, um bloß träge Körper aus Ruhe in Bewegung oder aus Bewegung in Ruhe zu versetzen, weil man beym Worte Kraft sich gewöhnlich eine Anstrengung und dadurch eine Verminderung der Kraft denke. Kraft werde nur da verwendet, wo Widerstand sey.

Diese vom Herrn Gren aufgestellten Sätze sucht Herr Gehler im fünften Theile seines physikalischen Wörterbuchs als ganz unhaltbar zu beweisen. Er meint, Gren übertreibe den Begriff von Gleichgültigkeit, indem er weit mehr hineinlege, als man sich hineinzulegen verstatten dürfe; wenn man die Trägheit der Materie mit diesem Nahmen belegen wolle. Unsere Vorstellung vom trägen Körper entstehe daraus, daß wir die Ursachen der Bewegung, oder die Kräfte, als abgesondert von der Materie betrachteten; und jene für thätig, diese aber für bloß leidend annähmen. Dieser Vorstellung gemäß ändere die Materie ihren Zustand der Ruhe oder Bewegung nie von selbst, sondern jede Aenderung derselben erfordere die Einwirkung einer äußern Ursache, einer Kraft, deren Größe und Beschaffenheit der hervorzubringenden Aenderung angemessen sey. Diese der Materie beygelegte Eigenschaft, bey den Aenderungen ihres Zustandes nichts selbst zu thun, sondern sich lediglich durch Einwirkung äußerer Kräfte bestimmen zu lassen, nennten wir Trägheit, oder hier Gleichgültigkeit.

Hierbey sey aber der Sinn des letzten Worts dieser, daß jede träge Masse zu jeder Aenderung ihres Zustandes eine äußere bestimmende Ursache erfordere, die der Größe der Aenderung angemessen sey. „Wenn also z. B. die träge Masse M, um aus der Ruhe mit der Geschwindigkeit C fortzugehen, eine Kraft = K erfordere, so werde eine andere neben ihr liegende träge Masse M, um mit eben der Geschwindigkeit aus der Ruhe fortbewegt zu werden, ebenfalls eine Kraft = K erfordern. Eine dritte Masse M werde wiederum eine Kraft = K erfordern, u. s. f. Zwey dieser M zusammen, oder alle drey zusammen erforderten also die Kraft K zweymahl oder dreymahl u. s. w. Und da es hierbey einerley sey, ob sich die Massen berührten, oder nicht, ob sie zusammen hingen, oder nicht, so folge, daß die Masse 2 M, um eben so geschwind aus der Ruhe fortbewegt zu werden, die Kraft 2 K, die Masse 3 M, die Kraft 3 K, und eine Masse = n M, die Kraft n K erfordere. Daß den Massen Gleichgültigkeit in Ruhe und Bewegung beygelegt werde, ändere in den Schlüssen nichts, denn es solle dadurch nichts weiter angezeigt werden, als daß die Massen ohne Einwirkung der Kraft sich gar nicht bewegen würden, daß sie sich auch nicht mehr oder weniger bewegten, als es der Kraft gemäß sey; kurz, daß sie bloß leidend den Einwirkungen der Kraft folgten, welche allein hier der thätige Theil sey.

In den angeführten Schlüssen des Herrn **Gren** sey ein doppelter Sinn des Worts Beweglichkeit zu finden. Heiße Beweglichkeit überhaupt Fähigkeit, sich bewegen zu lassen, so könne man sagen, die doppelt so große Masse sey eben so beweglich als die einfache. Heiße es aber Fähigkeit, sich durch eine bestimmte Kraft mit bestimmter Geschwindigkeit bewegen zu lassen, so könne man dieß nicht mehr sagen, denn alsdann zeigten jene Betrachtungen, daß in diesem Sinne 2 M nur halb so beweglich sey, als M.

Zweytens folge aus dem Begriffe der Gleichgültigkeit das gar nicht, was Herr **Gren** daraus herzuleiten suche. Dieser Begriff solle nichts weiter sagen, als daß die Materie

nicht selbst wirke. In diesem Nichtwirken gebe es freylich keine Grade, daraus folge aber nicht, daß es ohne Sinn sey, wenn man da mehr bestimmende Ursache, mehr Kraft erfordere, wo mehr gleichgültige oder unthätige Theile eben dieselbe Geschwindigkeit erhalten sollen. Man brauche ja, wenn die gleich großen Theile zerstreuet wären, für jeden einzelnen dieselbe Kraft; also sey es dem Gange des menschlichen Verstandes gemäß, zu schließen, man brauche, wenn sie beysammen wäre, für alle mit einander die Summe dieser Kräfte, die sich dann allemahl wie die Menge der Theile verhalten werde. In diesem Sinne sage man aus sehr vernünftigen Gründen, die Trägheit sey der Masse proportional, d. i. um die nfache träge Masse mit gleicher Geschwindigkeit zu bewegen, sey eine nfache Kraft nöthig. Wer dieses sage, rede nicht ohne Sinn. Er spreche darum auch der Materie ihre Gleichgültigkeit gegen Ruhe und Bewegung nicht ab, sondern er fordere da nur mehr bestimmende Ursache, wo mehr Gleichgültiges, der Bestimmung Bedürfendes vorhanden sey.

Gegen diese vom Herrn Gehler gemachten Einwürfe sucht sich Herr Gren in der dritten Auflage seines Umrisses der Naturlehre zu vertheidigen. Er sagt, sie beruhen eben auf dem mißverstandenen Begriffe von Trägheit. Hr. Gehler habe übersehen, daß hier von einer in Abstracto genommenen Materie die Rede sey, die bloß als beweglich, und ohne daß die in der Wirklichkeit damit verbundene stetige Kraft der Schwere, als auf sie wirkend, gedacht werde. Eine schwere Kugel, die auf einer horizontalen Tafel ruhe, widerstehe allerdings in horizontaler Richtung, aber nicht deßwegen, weil sie träge, sondern weil sie schwer sey. Die Tafel trage zwar ihr Gewicht, hebe ja aber ihre Schwere und den Druck nicht auf, den sie durch ihre Schwere verursache. Sie widerstehe, wenn wir auch hierbey von aller Friktion, vom Widerstande der Luft u. dergl. abstrahirten, vermöge der Kraft der Schwere, weil sie von der vertikalen Richtung, in welcher die Schwere sie treibe, und in welcher sie auch ihren

Druck ausübe, abgelenkt werden solle. Man sollte nur bedenken, daß die Bewegung der schweren Kugel auf der horizontalen Tafel eine wirkliche Centralbewegung sey. Der Widerstand der Kugel in jeder andern Richtung, als die Richtung der Schwere, hebe die andere bewegende Kraft proportionierlich auf, so wie hinwiederum durch diese die Schwere verhältnißmäßig aufgehoben werde: kurz, es seyn hier nun zwey Kräfte wirksam, die einander entgegengesetzt sind, und (was man in der That nicht beherzigt habe) es würde die schwere Kugel bey ihrer Bewegung auf der horizontalen Tafel diese gar nicht mehr drucken, wenn sie darauf mit einer Geschwindigkeit bewegt würde, die der Endgeschwindigkeit ihres Falles durch den Halbmesser der Erde gleich wäre, weil alsdann ihre Fliehkraft der Schwere unter dem Aequator gleich wäre. — Den Widerstand, welchen die wirklichen Materien in der Welt vermöge einer wirkenden stetigen Kraft, die sie sollicitirt, leisten, könne man also nicht als Einwurf benutzen, um den Satz zu widerlegen, daß die Trägheit der Materie, im metaphysischen Sinne, keinen Widerstand derselben im Zustande der Ruhe begründe. So verfahren, hieße den Satz der Trägheit durch den Satz der Gegenwirkung umstoßen wollen.

So wenig haltbar auch die Eintheilung der Materie in bloß träge und widerstehende ist, so hat doch meiner Meinung nach der Satz, daß die Trägheit der Masse proportional sey, eben so wenig einen vernünftigen Sinn, als der Ausdruck Trägheitskraft, ob ihn gleich Herr Gehler mit großer Mühe zu vertheidigen sucht. Dieser Satz folgt offenbar nicht aus dem richtigen Begriffe der Trägheit. Herr Gehler hat, so wie viele andere, das Gesetz der Trägheit mit dem Gesetze der Gegenwirkung verwechselt. Versteht man unter Trägheit ein bloßes Unvermögen der Körper, sich zur Bewegung oder Ruhe, als Veränderung des Zustandes, zu bestimmen, so kann unmöglich daraus der Satz, daß die Trägheit der Masse proportional sey, abgeleitet werden. Wenn Hr. Gehler behauptet, daß eine jede träge Masse zu jeder Aenderung ihres Zustandes eine äußere bestimmende Ursache erfordere,

die der Größe der Anwendung angemessen sey, so mußte Herr Gehler erst beweisen, daß die Größe der Kraft nicht wegen dergleichen Gegenwirkung der trägen Materie, sondern bloß wegen der Trägheit derselben nöthig war; das letztere nimmt er aber ganz stillschweigend an, ohne das Erstere zu widerlegen. Unmöglich kann ein bloßes Unvermögen der Masse M, um mit der Geschwindigkeit C aus Ruhe in Bewegung zu kommen, die ankommende Kraft um K vermindern; dieß würde ein Ausdruck ohne Sinn seyn. Nur durch Gegenwirkung der trägen Masse M kann dieß geschehen, und da die Gegenwirkung allemahl der Wirkung gleich seyn muß, so wird auch die Masse 2M die Anwendung der Kraft = 2K erfordern, um mit eben der Geschwindigkeit aus Ruhe in Bewegung zu kommen u. s. w. Man sieht also hieraus, daß Herrn Gehlers Schlüsse keinesweges aus dem wahren Begriffe der Trägheit folgen, sondern daß sie sich vielmehr auf das Gesetz der einer jeden Wirkung entgegengesetzten gleichen Gegenwirkung gründen.

Daß die träge Materie, um aus Ruhe in Bewegung, oder aus Bewegung in Ruhe zu kommen, eine äußere Ursache erfordere, folgt natürlich aus dem Begriffe der Trägheit; gedenke ich mir aber hierbey schon eine Verminderung der Kraft, d. h. schon das, was die Materie thut, so wende ich nicht mehr das Gesetz der Trägheit an, sondern in der That das der Wirkung entgegengesetzten gleichen Gegenwirkung. Denn das Gesetz der Trägheit will und kann nichts mehr sagen, als daß alle Materie an sich selbst leblos ist. Wenn ich mir also gleich mehr träge (mehr gleichgültige) Materie vorstelle, so kann ich mir nach dem wahren Sinne des Wortes Trägheit ebenfalls nichts weiter gedenken, als daß die größere Menge der trägen Materie so gut leblos (gleichgültig, unthätig) ist, als eine geringere Menge. Stelle ich mir dagegen die äußere Ursache, die Kraft, als wirkend (thätig) vor, welche der aus der Stelle zu treibenden Menge der trägen Materie angemessen ist, so wende ich auch schon das Gesetz der Gegenwirkung an; denn Trägheit, d. h. Leblosigkeit (Gleich-

(Gleichgültigkeit, Unthätigkeit) kann keine Kraft vermindern; nach richtigen Principien kann nur die ankommende Kraft durch entgegengesetzte Kraft eine Verminderung erleiden (m. s. **Gegenwirkung**). Unthätigkeit der Materie, und gleichwohl eine Verminderung der Kraft ist ein Gedanke ohne Sinn. Aus dieser kurzen Entwickelung des Begriffs der Trägheit folgt also unläugbar, daß die Trägheit keineswegs der Masse proportional seyn könne.

Man ist auf diesen Satz durch eine irrige Vorstellung von folgender, ganz bekannter Erfahrung geleitet worden: wenn eine Kugel auf einem horizontalen Tische ruhet, und in Bewegung gesetzt wird, so glaubt man gewöhnlich, die dazu nöthige Kraft werde bloß auf die Trägheit der Kugel verwendet; denn die Schwere der Kugel sey hier Null, weil sie vom Tische getragen, und folglich jene dadurch aufgehoben sey. Allein ich habe schon unter mehrern Artikeln gezeigt, daß diese Vorstellung der Natur der Sache auf keine Weise gemäß ist, und daß folglich diese Erfahrung den angeführten Satz gar nicht begünstigen kann.

M. s. **Erxleben** Anfangsgründe der Naturlehre durch **Lichtenberg.** §. 53 bis 58. **Kästner** Anfangsgründe der höhern Mechanik. Abschn. I. Cap. 2. **Gren** Grundriß der Naturlehre 3te Aufl. Halle 1797. 8. §. 61 ff.

Traß s. **Vulkanische Produkte.**

Traubenhaut s. **Auge.**

Tribometer s. **Reiben.**

Trichter, magischer s. **Zaubertrichter.**

Trocken (siccum, sec). Feste Körper heißen trocken, wenn keine Feuchtigkeit an ihnen wahrzunehmen ist. Das Trockene ist dem Feuchten, oder Nassen entgegengesetzt. M. s. **Feucht, Feuchtigkeit.** Feuchte Körper lassen sich trocken machen, wenn man sie entweder der Wärme oder freyen Luft aussetzt; denn alsdann verdunstet die Feuchtigkeit, und die Körper werden folglich trocken. Auch lassen sich feuchte Körper dadurch trocken machen, daß man sie mit andern Körpern in Berührung bringt, welche die Feuchtigkeit in sich nehmen.

Alle diese Operationen werden das **Trocknen, Austrocknen, Abtrocknen** (siccare, exsiccare) genannt.

Auch nennt man wohl elastisch flüssige Materien trocken, wenn sie keine wässerigen Feuchtigkeiten enthalten, oder diese mit jenen so fest verbunden sind, daß sie sich an keine Substanz, welche der Luft ausgesetzt ist, anlegen. So heißt die Luft trocken, wenn sie keine wässerigen Theile enthält, oder sich wenigstens am Hygrometer nicht bemerken lassen. Von den Mitteln, die Luft auszutrocknen, s. m. den Artikel, Hygrometer.

Trockenheit (siccitas, sécheresse) heißt der Zustand des trocknen Körpers. Ein und derselbe Körper kann unter gewissen Umständen bald feucht, bald trocken werden, ohne seine Substanz wesentlich zu ändern. So macht die Kälte alle Körper trocken, indem sie die Feuchtigkeit derselben in einen festen Zustand verwandelt; die Wärme aber macht die Körper trocken, indem sie diese Feuchtigkeit zum Verdunsten bringt. Trockenheit bedeutet also bloß die Abwesenheit des Nassen oder Feuchten, und beruhet nicht auf einem eigenen trockenen Princip, dergleichen die ältern Chemiker in der elementarischen Erde suchten.

Bey Betrachtung der Erdfläche wird das **Trockene** mit Wasser bedeckten Theile, d. i. dem Meere und den Seen entgegengesetzt.

Tropfbare Flüssigkeiten s. **Flüssig.**

Tropfen (guttae, gouttes). Alle flüssige Materien haben das Eigenthümliche, daß sie in kleinen Theilen von selbst eine Kugelgestalt annehmen, welche **Tropfen** genannt werden. Diese Tropfengestalt der flüssigen Körper nimmt man jedoch erst wahr, wenn diese in einem Mittel sich befinden, mit dem sie entweder gar nicht, oder doch nur wenig adhäriren. So bilden Wasser- Weingeist- Quecksilbertheile u. s. f. in der Luft, durch die sie fallen, Tropfen, so wie die Oehltheile im Wasser, durch welches sie aufsteigen u. s. f.

Zu der Zeit, da man den Druck der Luft entdeckt hatte, schrieb man fast allgemein die von selbst erfolgende Wirkung flüssiger

flüssiger Theile in eine Kugelgestalt dem äußern Drucke der Luft zu. Allein da man auch bald darauf diese Wirkung im luftleeren Raume wahrnahm, so setzte man dafür den Druck der subtilen Materie oder des Aethers. Newton [a]) endlich leitet diese Erscheinung der freywilligen Tropfenbildung der flüssigen Materien weit richtiger von der gegenseitigen Anziehung der flüssigen Theile unter sich ab. So sagt er: guttae corporis cuiusque fluidi, vt figuram globosam induere conentur, facit mutua partium suarum attractio, eodem modo, quo terra mariaque in rotunditatem vndique conglobentur, partium suarum attractione mutua, quae est grauitas.

Aus der freywilligen Bildung der flüssigen Materien in die Kugelgestalt folgt von selbst, daß alle Theile derselben sich gleich stark anziehen müssen, indem die Kugelgestalt die einzige ist, in welcher die Theile in das vollkommenste Gleichgewicht gesetzt werden. Es folgt ferner hieraus, daß der Zusammenhang der flüssigen Theile unter sich ungemein stark seyn müsse; denn sonst würden sie sich nicht von selbst in das vollkommenste Gleichgewicht versetzen können. Daher kann der eigenthümliche Charakter einer flüssigen Materie gar nicht, wie man gewöhnlich glaubt, in dem geringen Zusammenhange der Theile unter sich bestehen. Wenn aber andere Ursachen stärker auf die Tropfen wirken, als die gegenseitige Anziehung ihrer Theile, so müssen sie alsdenn natürlich zertheilt, oder in eine andere Gestalt geändert werden. So zertheilt sich eine Wassermasse, welche durch die Luft herabfällt, in lauter kleine Tropfen, die zuletzt wie Staub sich zeigen, indem der Widerstand der Luft stärker wirkt, als die Cohäsionskraft der Wassertheile unter einander. So verliert auch ein Wassertropfen auf verschiedenen Körpern seine Kugelgestalt, indem die Adhäsion stärker, als die gegenseitige Anziehung der Wassertheilchen unter einander wirkt u. s. w.

Musschenbroek [b]) erzählt eine Menge von ihm über Tropfen angestellte Versuche. Er ließ durch einen gläsernen Trich-

a) Optice. b) Introduct. ad philos. natur. T. I. §. 1018. f.

Trichter, welcher sich in ein Haarröhrchen endigte, flüssige Materien langsam auf untergelegte horizontale Flächen fallen, wodurch Tropfen sich bildeten. Die Höhen und Durchmesser der Tropfen maß er durch eine eigene Maschine.

Tropfen, welche auf einer horizontalen Ebene liegen, werden am untersten Theile, womit sie an der Ebene anschließen, vermöge ihres Gewichts platt und zerfließen an derselben desto mehr, je stärker sie damit adhäriren. Wassertropfen von einer Linie Durchmesser auf polirtem Eisen waren wenig von einer Halbkugel verschieden; von dieser Gestalt wichen sie noch mehr auf Elfenbein, Guajakholz und Buxbaum, noch mehr auf Quecksilber und am meisten auf Spiegelglas, ab. Auf dem wollichten Ueberzuge der Blätter aber bleiben die Tropfen fast völlig rund, wie man am Thaue sieht. Auch auf glühendem oder sehr heißen Eisen behalten die Tropfen ihre runde Gestalt, springen aber von einer Stelle zur andern, bis sie endlich ganz in Dampf aufgelöst sind.

Kleine Quecksilbertropfen von 0,15 Zoll Durchmesser sind fast auf allen glatten Flächen sehr träge und bewegen sich kaum, wenn man gleich die Fläche, worauf sie liegen, umkehrt. In dieser Stellung läßt es sich auch deutlich bemerken, wie sie an der Fläche platt sind, und wie stark das Gewicht dieser kleinen Tropfen von der Adhäsionskraft übertroffen wird. Die größten Quecksilbertropfen, welche Musschenbroek bilden konnte, hatten im Durchmesser 2,5 Zoll; sie wurden aber durch ihr eigenes Gewicht so platt gedruckt, daß sich ihre Höhe nie über 0,15 Zoll belief. Kleine Tropfen von $\frac{1}{100}$ im Durchmesser behielten beynahe völlig die Kugelgestalt, ob sie gleich am Buxbaum-, Guajak-, Granadillen-, Nußbaum-, Taxus-, Ulmen-, Pflaumenbaum-, Birnbaum-, Eichen-, Linden-, Weidenholz u. s. f. so fest hingen, daß sie auch beym völligen Umkehren nicht abfielen. Wurden hingegen solche kleine Quecksilbertropfen durchs Hinzugießen von mehrerem Quecksilber vergrößert, so rollten sie auch bey der geringsten Abweichung von der horizontalen Lage herab. Auf einigen Holzarten sind die Quecksilbertropfen ungemein beweglich, auf andern aber

träger,

mögen, welches weder von der Dichtigkeit, noch von der Politur ihrer Oberflächen abzuhängen scheint.

Tropfen wässeriger oder öhliger Liquoren, welche von einem festen Körper herabhangen, sind am untersten Theile rund. Dergleichen Tropfen am Glase können eine beträchtliche Größe und Länge erreichen, und die Form eines Zylinders annehmen, welcher sich unten in eine Halbkugel endigt; nicht dieserwegen, daß sich die Adhäsionskraft des Glases auf die ganze Länge des Tropfens erstreckte, sondern weil die Wassertheile unter einander zusammenhängen, mithin die untern von den obern, und diese vom Glase, an welchem sie hangen, gehalten werden. Wenn aber das Gewicht des Tropfens alle diese anziehenden Kräfte übertrifft, so fängt sich daselbst ein dünner Hals zu bilden an, und der untere Theil des Tropfens trennt sich von dem obern, welcher am Glase adhärirt, so daß niemahls der ganze Tropfen, sondern nur ein Theil desselben vom Glase herabfällt.

Wenn zwey Tropfen von homogener Flüssigkeit auf einer reinen ebenen Fläche, mit welcher sie wenig zusammenhangen, in Berührung kommen, so verbinden sie sich in einem Augenblicke in einen einzigen Tropfen zusammen. Dieß nimmt man am deutlichsten an kleinen, sehr reinen Quecksilbertropfen wahr, welche auf reinem glatten Papiere oder auf einem Glasspiegel liegen. Wenn hingegen mehrere Tropfen Wasser oder Weingeist auf Glas neben einander liegen, und der eine nach und nach bis zur Berührung mit dem andern vergrößert wird, so vereinigen sie sich auch, aber nicht so vollkommen; sie bilden vielmehr eine oblonge Figur, welche in der Mitte einen schmalen Hals behält. Dieß rührt daher, weil die Wassertheile, welche das Glas zuerst feucht gemacht haben, mit demselben so stark zusammenhangen, daß sie von den zusammenfließenden Theilen der Tropfen nicht losgerissen werden können, daher sich der neue Tropfen an den einmahl naß gemachten Stellen des Glases weiter verbreitet, als in der Mitte, wo das Glas vorher noch trocken wahr. Tropfen von geschmolzenen Zinn, Bley

und Wismuth auf heißem Eisen verhalten sich gerade so, wie Quecksilbertropfen auf Glas.

Auch die Vereinigung verschiedener Tropfen in einen einzigen haben ehedem die Physiker aus dem Drucke der Luft herleiten wollen. Es sollten nähmlich die Ausflüsse aus dem einen Tropfen wegen der ähnlichen Gestalt der Poren sehr häufig in den andern dringen, und die zwischen beyden befindliche Luft vertreiben, daher der Seitendruck der umgebenden Luft die Tropfen zusammentreibe. Solche Ausflüsse unerwiesen anzunehmen, würde eine sehr große Leichtgläubigkeit zu erkennen geben; allein es erfolgen alle diese Erscheinungen nicht allein im luftvollen, sondern auch im luftleeren Raume. **Alphonsus Borellus** versuchte eine mechanische Erklärung dieses Phänomens, die ihm aber sehr mißglückte. Mit eben so wenig Glück hat man auch statt der Luft den Aether setzen wollen; denn dieser würde die Tropfen durchdringen, und nicht zusammentreiben. **Musschenbroek** bemerket hierbey, daß die Physiker solche Erklärungen gar nicht würden erdacht haben, wenn sie sich bemühet hätten, die Versuche selbst anzustellen. Diese beweisen nun gar deutlich, daß es hierbey bloß auf die Cohäsionskraft der flüssigen Theile unter sich, und die Adhäsion an feste Körper ankommt.

Noch mehrere Versuche über die Formen der Tropfen findet man beym Herrn **von Segner** *).

M. s. *Musschenbroek* introductio ad philosoph. natur. T. I. §. 1018–1021.

Torpikus s. **Wendekreise.**

Torpisches Jahr s. **Jahr.**

Turmalin, Turnamal, Trip, Aschenzieher, Aschentrecker, elektrischer Stangenschörl, zeylonischer Magnet (turmalinus, lapis electricus, tourmaline) ist ein harter, halbdurchsichtiger, am gewöhnlichsten dunkelbrauner, inwendig glänzender kleiner Stein, von muschlichten Bruche mit vielen gleichlaufenden Quersprüngen, welcher sich theils in gemeiner Gestalt in stenglichten abgeson-

*) Comment. societ. Gotting. T. I. p. 301.

derten Stücken, theils in drey- oder neunseitigen, oft der Länge nach gestreiften, Prismen findet. Man trifft ihn in vielen Gegenden von Asia, Amerika und Europa an. Durchs Reiben kann man ihn eben so, wie das Glas, elektrisiren. Aber durch Erwärmung und Erkältung wird er auf eine ganz besondere Art elektrisirt.

Cavallo gibt seine Eigenschaften in Absicht auf die Elektricität folgender Maßen an:

1) So lange der Turmalin in einerley Grad der Wärme erhalten wird, zeigt er keine Merkmahle der Elektricität. Er wird aber elektrisch, wenn man ihn erwärmt oder erkältet, und zwar in dem letztern Falle noch stärker, als im erstern. Eine ganz geringe Veränderung der Temperatur ist oft hinreichend, den Turmalin merklich elektrisch zu machen.

2) Die Elektricität zeigt sich nicht auf seiner ganzen Oberfläche, sondern nur in der Gegend zweyer entgegengesetzter Punkte, die man seine Pole nennen kann, welche allezeit in gerader Linie mit dem Mittelpuncte des Steins und nach der Richtung seiner Blätter liegen, nach welcher Richtung er vollkommen durchsichtig ist, ob er gleich nach der andern Richtung halbdurchsichtig erscheint.

3) Während der Zeit, da der Turmalin erwärmt wird, ist die eine Seite von ihm, die hier A heißen soll, positiv, die andere B negativ elektrisch. Wird er aber erkältet, so ist während der Zeit des Erkältens A negativ und B positiv elektrisch.

4) Wird er erwärmt und nachher wieder abgekühlt, ohne daß eine von seinen Seiten berührt wird, so ist A positiv, B negativ, die ganze Zeit der Erwärmung und Abkühlung hindurch.

5) Wird dieser Stein, wie ein anderer elektrischer Körper gerieben, so kann man eine jede von seinen Seiten, oder auch beyde zugleich, positiv elektrisch machen.

6) Wenn der Turmalin auf einen isolirten Körper erwärmt oder erkältet wird, so wird dieser Körper eben sowohl als der Stein elektrisch und erhält die entgegengesetzte Elektricität

cität von derjenigen, die sich in der darauf ruhenden Seite des Steins befindet.

7) Die Elektricität einer jeden oder beyder Seiten kann sich in die entgegengesetzte verwandeln, wenn der Turmalin beym Erwärmen oder Erkälten verschiedene Substanzen berührt. Wird er z. B. beym Erwärmen oder Erkälten mit dem innern Theile der Hand berührt, so wird nun diejenige Seite negativ, welche in der freyen Luft würde positiv geworden seyn, diejenige aber nun positiv, welche an der Luft negativ geworden wäre.

8) Wird der Turmalin in verschiedene Stücken zerschnitten, so hat jedes Stück seinen positiven und negativen Pol, einen jeden nach der positiven oder negativen Seite des Steins zu, aus welchem man das Stück geschnitten hat.

9) Diese Eigenschaften des Turmalins zeigen sich auch im luftleeren Raume, aber nicht so stark, wie in der Luft.

10) Wird der Stein ganz und gar mit einem elektrischen Körper, als Siegellack, Oehl u. dergl. überzogen, so wird er gemeiniglich auch unter dieser Bekleidung noch die vorigen Erscheinungen zeigen.

11) Auch haben Canton und Wilke an dem im Dunkeln erwärmten Turmalin, während der Erwärmung ein sehr lebhaftes Licht wahrgenommen, wodurch Canton bestimmen konnte, welche Seite des Steins positiv oder negativ sey. Auch wenn der Stein stark gerieben wird, zeigt er im Dunkeln sehr starke Strahlen, die von der positiven Seite gegen die negative schießen. Wilke brachte sogar knisternde Funken hervor.

12) Endlich ist es merkwürdig, daß die Kraft des Turmalins durch die Wirkung eines heftigen Feuers zuweilen geschwächt, zuweilen verstärkt, oft aber auch gar nicht verändert wird. Man hat aber die Gesetze dieser so ungewissen Wirkungen noch nicht bestimmen können.

Man findet schon bey den Alten einige Steine erwähnt, welche gerieben leichte Körper anziehen. Dahin gehört der

Lyn-

Lynkurer, welchen **Theophrast** anführt [α]), und welchen man schon bey den Römern nicht mehr kannte [β]); ferner der **Theamedes**, welcher nach **Plinius** [γ]) alles Eisen abstoßen soll, und eine Art des Carbunculus, welche nach demselben Schriftsteller von der Sonne erwärmt oder mit den Fingern gerieben Spreu und Papierspäne anziehen soll. Auch der Araber **Serapion** [δ]) führt einen aus dem Orient kommenden Stein (Hager Albuzedi) an, welcher an Haaren gerieben Spreu anziehe, und der Beschreibung nach zu den Hyacinthen zu gehören scheint. Ob aber diese Steine eine Uebereinstimmung mit dem Turmalin besitzen, läßt sich nicht entscheiden, obgleich Herr **Priestley** bemerkt, daß D. **Wa**son ziemlich erwiesen habe, der Lynkurer des Theophrast komme mit dem Turmalin überein. Denn es gibt weit mehrere Steine, als der Turmalin, welche leichte Körper anziehen und zurückstoßen, von welchen einige wahrscheinlich den Alten bekannt gewesen sind.

Herr **Beckmann** hat die erste Nachricht vom Turmalin in einer Schrift gefunden, welche schon längst vergessen ist [ε]), dessen Verfasser meldet, es sey ihm vom Herrn Daumius, Stabs-Medicus bey der Pohln. und Chur-Sächs. am Rhein stehenden Miliz, erzählt worden: daß anno 1703. die Holländer einen aus Ostindien von Zeylon kommenden Edelstein, Turmalin oder Turmale, auch Trip genannt, zum ersten Mahle nach Holland gebracht hätten, welcher die Eigenschaft habe, daß er die Turff-Asche auf der heißen und glühenden Turff-Kohle nicht allein, wie ein Magnet das Eisen, an sich ziehe, sondern auch solche Asche zu gleicher Zeit von sich stoße — und würde er deßwegen von den Holländern

α) De lapidibus ed. *Heinsii*. Lugd. Batav. 1613. p. 395.
β) *Plinius* histor. natur. XXXVII. 3.
γ) Ibid. XXXVI. 16.
δ) De simplicibus medicinis.
ε) Curiöse speculationes bey Schlaf-losen Nächten — von einem Liebhaber, der immer Gern speculirt. Chemnitz und Leipzig. 1707. 8.

dern Aschentrecker genannt; die Couleur sey pomeranzenroth mit Feuerfarbe erhöht. Auch findet Herr Beckmann in dem Verzeichnisse der 1711. verkauften Naturaliensammlung des berühmten Botanikers Paul Hermann [a]) unter den Edelsteinen: Crysolethus Turmale Zeylon, angegeben.

Im Jahr 1717. zeigte Lemery der Pariser Akademie der Wissenschaften einen solchen Stein von Zeylon vor, welcher in ihren Schriften von diesem Jahre als ein kleiner Magnet angeführt wird, der sich von dem gewöhnlichen Magnete nur dadurch unterscheide, daß er den nähmlichen Körper zuerst anziehe und nachher wieder abstoße, ohne dabey der nöthigen Erwärmung dieses Steins zu gedenken. Man hielt daher seine Wirkung für magnetisch und nannte ihn den zeylonischen Magnet [b]). In dem bekannten Naturlexicon, welches so oft mit Hübners Vorrede gedruckt ist, findet sich der Artikel, Trip, schon in der Ausgabe 1727., und die Vermehrungen desselben in der von 1741. beweisen, daß schon damahls deutsche Naturforscher Versuche mit diesem Steine müssen angestellt haben.

Linné gedenkt dieses Steins in seiner Flora Zeylanica (Holm. 1747. 8. p. 8.), und nennt ihn zuerst lapis electricus, und meldet dabey die Versuche, die Lemery damit angestellt hatte. Linné muthmaßte, daß die Erscheinungen desselben elektrischen Ursprungs wären, denn er selbst hatte damahls noch keinen Turmalin gesehen.

Durch Herrn Lochmann erhielten die Herrn Aepinus und Wilke Nachricht von der anziehenden Kraft des Turmalins, welcher auch dem Herrn Aepinus zwey Turmaline verschaffte. Diese beyden Herrn stellten hiermit eine Menge Versuche an, und fanden, daß Linné's Muthmaßung ihre völlige Gewißheit habe, und entdeckten zugleich die besondern Gesetze der Elektricität des Turmalins.

Wilke

a) Catalogus musei Indici — collecti a *P. Hermanno*. Lugd. Batav. p. 30.

b) M. s. *Musschenbroek* diss. de magnete. Lugd. Batav. 1729. 4. in praef.

Wilke α) hat das hierher Gehörige im Zusammenhange vorgetragen; Aepinus aber machte diese Entdeckung zuerst bekannt β), und ließ in der Folge die darüber gewechselten Schriften zusammendrucken γ).

Um eben diese Zeit beschäftigte sich auch der Herzog von Noya Caraffa δ) in Gesellschaft mit den Herrn Daubenton und Adanson mit Versuchen des Turmalins und führt auch die Versuche des Herrn Aepinus an. Allein er nahm nicht die Elektricität beyder Seiten, wie dieser, für entgegengesetzte an, sondern nur eine für stärker, als die andere, bestätigte jedoch im Uebrigen die von Aepinus angezeigten Gesetze, und bestimmte die Weiten, in welcher verschiedene leichte Körper angezogen worden, in einer Tabelle, welche auch Musschenbroek ε) mitgetheilt hat.

Endlich lernten auch die englischen Gelehrten den Turmalin durch Herrn Herberden kennen, welcher dem Herrn Wilson einen verschaffte; nachher ließ er noch mehrere solche Steine aus Holland kommen, und verehrte sie auch einigen andern Gelehrten. Herr Wilson ζ) fand durch seine zahlreichen Versuche die nähmlichen Resultate, wie Aepinus; nur darin ging er von Aepinus ab, daß er behauptete, daß wenn die Seiten des Turmalins ungleich erhitzt werden, er diejenige Art der Elektricität, welche der heißern Seite natürlich ist, darstellte, d. h. der Turmalin ist mehr elektrisch an beyden Seiten, wenn die mehr elektrische Seite die heißere, und weniger auf beyden Seiten, wenn die weniger elektrische die heißere ist. Auch ist das bey 2. von der Lage der Pole, und das bey 10. angeführte ganz Wilsons Entdeckung. Canton η) gab endlich den Gesetzen 3. 4. 5. ihre richtige

L 2 und

α) Geschichte des Turmalins in den schwed. Abhandl. der deutschen Uebers. B XXVIII. S. 95. B. XXX. S. 1, u. 105.
β) Mémoir. de l'Academie de Berlin. 1756. p. 110.
γ) Recueil de différens mémoires sur la Tourmaline publié par Mr. *Aepinus* à St. Petersb. 1762. 8.
δ) Lettre sur la Tourmaline à Mr. *de Buffon*. à Paris 1759. 4.
ε) Introductio ad philosoph. natural. T. I. §. 893.
ζ) Philosoph. Transact. Vol. LI. P. I. p. 308.
η) Ibid. Vol. LII. p. 443.

und feste Bestimmung, indem er die hierbey so wichtige Entdeckung machte, daß der Turmalin die elektrischen Erscheinungen nicht in so fern zeige, als er heiß oder kalt ist, sondern in so fern, als sich seine Wärme oder Kälte ändert.

Eine Menge anderer Versuche mit dem Turmalin findet man beym Priestley [α]), Wilke [β]) und Bergmann [γ]). Eine elektrisirte Glasröhre zieht den Turmalin an, stößt ihn aber nicht wieder zurück. Durch das Glas wird ihm keine Elektricität mitgetheilt, er nimmt aber auch keine an. Zwey elektrische Turmaline ziehen einander an, und bleiben mit den entgegengesetzten Seiten an einander hängen. In diesem Zustande werden beyde Turmaline vereint von einem elektrisirten Glase angezogen, und alsdenn wieder abgestoßen, ohne daß sich beyde Turmaline von einander trennen. Alles dieß stimmt mit den Gesetzen der Wirkungskreise vollkommen überein.

Die Elektricitäten beyder Seiten lassen sich durch einen Schlag oder Stoß nicht vereinigen. Man bemerkt zwar keine elektrischen Erscheinungen an selbigen mehr, wenn beyde Seiten durch Leiter verbunden sind, allein sie zeigen sich sogleich wieder, so bald die leitende Verbindung aufgehoben wird, wenn nur die Erwärmung oder die Erkältung fort dauert. Es scheint daher bey dem Turmalin mehr auf Vertheilung, als auf Mittheilung anzukommen, und hierin sind seine Erscheinungen den magnetischen ähnlich. Herr Hube gibt dem Turmalin die mittlere Stelle zwischen den elektrischen und magnetischen Körpern. Um sich von der Natur des Turmalins deutliche Begriffe zu machen, sagt er, müsse man die beyden Arten der Elektricität, deren dieser sonderbare Stein fähig sey, von einander unterscheiden. Die eine sey die gemeine Elektricität, welche man ihm, so wie jeden andern elektrischen Körper, durchs Reiben geben könne. Sie ent-

α) Geschichte der Elektricität durch Krünitz. S. 456. f.
β) Schwed. Abhandl. a. a. O.
γ) Comment. de indole electrica Turmalini in Phil. Trans. Vol. LVI. p. 236. und schwed. Abhandl. B. XXVIII.

entspringe aus einem wirklichen Uebergange aus dem reibenden in den geriebenen Körper, und der andere aus dem geriebenen in den reibenden. Beyde häuften sich in der sich reibenden Oberfläche an, und daher zeigten auch diese überall von der einen Seite die positive, von der andern aber die negative Elektricität. Ueberhaupt hafte die gemeine Elektricität nur in der Oberfläche der Körper. Aber die zweyte Art der Elektricität des Turmalins verhalte sich ganz anders. Sie durchdringe das Innere des Steins, und man könnte, wenn sie bloß in der Oberfläche desselben wäre, zwar abwechselnde positive und negative Schichten, die an Kraft allmählich abnähmen, aber keinesweges so viel als möglich von einander entfernte positive und negative Pole auf dem Steine finden. Diese Art von Elektricität sey dem Turmaline besonders eigen, und sie entstehe in ihm unstreitig durch die ungleiche Vertheilung. Denn hier sey kein reibender Körper, aus welchem die elektrische Materie in den Stein übergehen sollte. Aber so wie die Reibung eines elektrischen Körpers, oder vielmehr die durchs Reiben verursachte Erschütterung der kleinsten Theilchen seiner Oberfläche, eine Trennung der beyden elektrischen Materien in der geriebenen Oberfläche veranlasse, eben so werden dieselben Materien in dem Innern des Steins getrennt, wenn seine Theilchen durch die Ausdehnung oder Zusammenziehung von der Wärme oder Kälte durch und durch erschüttert werden. Eben deßhalb habe der Turmalin allezeit verschiedene Pole, weil jede der getrennten elektrischen Materien sich besonders anhäufe, und zwar jede am stärksten in einer beträchtlichen Entfernung von der andern. Eben deßhalb sey auch die besondere Elektricität viel inniger mit dem Turmalin verbunden, als die gemeine. Denn auch unter der Glocke der Luftpumpe werde ein erhitzter Turmalin, wenn er daselbst in einer sehr verdünnten Luft erkalte, elektrisch und erhalte Pole, obgleich die Materie, in welcher er erkalte, sehr leitend sey. Eben so zeige ein Turmalin, den man in kochendes Wasser versenkt und dadurch erhitzt habe, beym Herausziehen seine besondere Elektricität; da hingegen die gemeine

positive Elektricität sich gleich mit der gemeinen negativen vereinige, sobald eine zu der andern durch Leiter übergehen könne. Und dieser Unterschied rühre, wie schon gesagt, wahrscheinlich bloß daher, daß die gemeine Elektricität nur in der Oberfläche der elektrisirten Körper hafte, mithin sich von ihr auch leicht los reiße, und in andere Körper übergehe.

Auch hat man in den neuern Zeiten die Natur dieses Steins näher kennen gelernt. Bergmann [α]), Rinnmann [β]), Gerhard [γ]) haben gefunden, daß er größtentheils aus Thon- und Kieselerde, mit einem geringen Zusatz von Kalkerde und Eisenkalk, besteht, folglich dem Schörl ähnlich, oder vielmehr eine Schörlart ist. Sein eigenthümliches Gewicht ist in Vergleichung mit dem des Wassers wie 3 : 1; er ist sehr strengflüssig, und schmilzt erst bey heftiger und anhaltender Hitze vor dem Löthrohre zu einer schwammichten Schlacke, löset sich aber auch im mineralischen Laugensalze, Phosphorsäure und Borax auf. Von dem gemeinen Stangenschörl unterscheidet er sich durch eine größere Härte, in welcher er ungefähr dem Crysolith gleich kömmt.

Es ist schon oben bemerkt worden, daß Turmaline an mehrern Orten gefunden werden. Schon Rinnmann führt an, daß man sie in Brasilien, Kastilien, auf Isle de France, in Grönland, Norwegen, Schweden, auf den uralischen und nerschinskischen Gebirgen in Sibirien u. s. f. antrifft. In Deutschland fand man sie zuerst in Tyrol [δ]), nachher im sächsischen Erzgebirge bey Freyberg, Annaberg, Ehrenfriedersdorf [ε]), und in Salzburg [ζ]). Auch haben de Saussüre

α) De terra turmalini in opusc. phys. chem. II. p. 118.
β) Schwed. Abhandl. B. XXVII. S. 45. u. 109. f.
γ) Nouv. Mémoir. de Berlin 1777. n. 2.
δ) S. Müllers Nachricht von den in Tyrol entdeckten Turmalinen oder Aschenziehern. Wien, 1779 4.
ε) S. Werners Uebersetzung von Cronstedts Mineralogie. B. I. S. 170. imgl. Hofmann im bergmännischen Journal 1788. St. I. S. 258.
ζ) S. von Moll oberdeutsche Beyträge zur Naturlehre und Oekonomie für 1787. Salzburg, 1787. 8. S. 49.

süre und Girtanner dergleichen in der Schweiz auf dem Grimsel und am Gotthard gefunden.

Die meisten der angeführten Eigenschaften, die man zuerst am Turmaline beobachtete, und für etwas ihm allein Eigenes hielt, hat man nachher an mehreren Edelgesteinen bemerkt. **Canton** entdeckte sie zuerst im Jahr 1760 am brasilianischen Topas, **Wilson** im Jahre 1761 an verschiedenen andern Edelgesteinen von verschiedener Größe und Farbe, welche in Ansehung der Härte und des Glanzes dem Topas beynahe gleich kamen, in Ansehung der Farbe aber ins Rothe oder Gelbe fielen, so daß die schönsten mit dem Rubin eine Aehnlichkeit hatten. Auch erhielt **Wilson** einen Stein unter dem Nahmen eines brasilianischen Smaragds, welcher aber wie gemeines grünes Glas aussah, und der Länge nach Streifen hatte, von völlig gleicher Eigenschaft mit dem Turmalin. **Aepinus**, welcher diesen Stein für einen Crysolith hielt, hat mit ihm viele Versuche angestellt *). Auch hat **Wilson** eben diese Eigenschaften an andern grünen Edelsteinen aus Südamerika wahrgenommen, welche er vom Herrn **Mendez d'Acosta** erhalten hatte, und welche aus langen dicken in einander steckenden Krystallen bestanden. Man darf also nicht alle Steine, welche elektrische Erscheinungen liefern, zu einerley Classe zählen; daher ist es gekommen, daß die Beschreibungen der äußern Kennzeichen der Turmaline so verschieden ausgefallen sind, und daß manche diesen Stein als Schörl zu den Thonarten, andere als Hyacinth, Crysolith, Smaragd u. s. f. zu den Kieselarten gerechnet haben.

M. s. **Beckmann** Beyträge zur Geschichte der Erfindungen B. I. Leipz. 1783. 8. St. 2. Nr. 5. S. 24. u. f. **Priestley** Geschichte der Elektricität durch **Krünitz**. S. 198. f. **Cavallo** Abhandlung von der Lehre der Elektricität. B. I. Leipz. 1797. 8. S. 29. f. **Hube** vollständiger und faßlicher Unterricht in der Naturlehre. B. I. Leipz. 1793. 8. Br. 50. 53.

*) S. Crells chemische Annalen 1785. St. I. S. 269. 1786. St. I. S. 522. 530.

Typhon (typho, typhon). Mit diesem Nahmen belegt man einen heftigen Sturm- oder Wirbelwind, welcher sich schnell durch alle Weltgegenden dreht, bisweilen von oben herab senkrecht zu kommen scheint, und die schrecklichsten Verheerungen anzurichten im Stande ist. Dergleichen Stürme entstehen häufig in den Sommermonathen im indischen Weltmeere bey Siam, China und Japan, und scheinen durchs Zusammenkommen zweyer entgegengesetzten Winde, oder durch den Stoß eines heftigen Windes gegen irgend ein Hinderniß zu entstehen.

U.

Uhr, Uhrzeit s. Zeit.

Umdrehung, Umwälzung, Rotation, umdrehende Bewegung (rotatio, motus rotatorius s. gyratorius, rotation, mouvement de rotation) heißt diejenige Bewegung eines Körpers, wobey eine gewisse gerade Linie in demselben unbewegt bleibt, alle übrige Punkte desselben aber Kreise um gewisse Punkte dieser unbewegten geraden Linie beschreiben. Die unbewegte gerade Linie heißt die **Axe der Umdrehung** (axis rotationis s. gyrationis), und die beyden entgegengesetzten Endpunkte derselben, welche in der Oberfläche des umdrehenden Körpers liegen, die **Pole der Umdrehung**. Ein sehr bekanntes Beyspiel ist das gemeine Spiel der Kinder mit dem so genannten Kreisel, wovon der Herr **von Segner** die Theorie in einem Programm [α]) entwickelt hat.

Untersuchungen über die Umdrehungsbewegung gehören in die höhere Mechanik, welche man beym **Euler** [β]) und **Karsten** [γ]) findet.

Wenn der umdrehende Körper eine Kugel ist, so wird der auf der Axe senkrecht stehende größte Kreis der **Aequator der Umdrehung** genannt. Uebrigens beschreiben alle Punkte der

α) Theoria turbinum. Halae 1755. 4.

β) Theoria motus corporum solidorum s. rigidorum. Cap. II. III. IV. p. 122. sq.

γ) Lehrbegriff der gesammten Mathematik. Theil IV. Mechanik. Abschn. IX. X. XIV. XV.

der Kugel, die sich um ihre Axe dreht, Kreise, welche mit dem Aequator parallel sind, und daher Parallelkreise heißen; nur die in der Axe befindlichen Punkte, mithin auch die Pole, ruhen. Auch bey andern Körpern von willkürlicher Gestalt beschreiben alle Punkte derselben Kreise, die unter sich parallel sind, wenn sie sich um ihre Axe drehen, nur gibt es unter diesen Parallelkreisen keinen, welchen man schicklich als den Aequator annehmen könnte, man müßte denn denjenigen wählen, welcher von den beyden Polen gleich weit entfernt ist.

Eine Kugel, welche durchaus gleichartig ist, und sich im freyen Mittel fortbewegen kann, erhält durch einen direkten Stoß nur eine geradlinichte, keine umdrehende Bewegung; durch den eccentrischen Stoß hingegen wird außer der geradlinichten Bewegung auch zugleich Umdrehung um eine Axe bewirkt. Wenn sonst keine andere Kräfte auf einen solchen bewegten Körper wirken, so setzt er alsdann beyde Bewegungen, die umdrehende und geradlinichte, vermöge der Trägheit fort, ohne daß eine auf die andere Einfluß hat. Selbst Centralkräfte bey Kreisbewegungen, welche alle Augenblicke die fortgehende Bewegung ändern, wirken in diesem Falle nicht auf Umdrehung; hingegen Centralkräfte bey andern krummlinichten Bewegungen scheinen allerdings auf die Umdrehung einer durchaus gleichartigen Kugel Einfluß zu haben. Auch bey der Bewegung einer solchen Kugel in einem nicht ganz freyen Mittel, oder wenn sonst andere Hindernisse der freyen Bewegung entgegen sind, kann schon der direkte Stoß zugleich Umdrehung bewirken, so wie auch in diesen Fällen die Umdrehung auf die fortgehende Bewegung Einfluß hat.

In unserm Sonnensystem nimmt man Umdrehung um *eine* Axe an der Erdkugel, dem Monde, der Sonne, dem Jupiter, dem Mars, der Venus und dem Saturn wahr, und vermuthet eine solche auch bey den übrigen Körpern des Sonnensystems, bey welchen sie nicht unmittelbar hat beobachtet werden können. Uebrigens gehen alle Umdrehungen im Sonnensystem nach einerley Richtung, nähmlich nach der

Richtung der Zeichen, nach welcher auch die fortgehenden Bewegungen erfolgen; daher hat man sie von einem eccentrischen Stoße auf die Massen der Weltkörper abgeleitet. Sonst geschehen die Umdrehungen mit gleichförmiger Geschwindigkeit, wovon ein Beyspiel die 24stündige Umdrehung der Erde gibt.

Die Theile des Körpers erhalten durch die Umdrehung eine Kraft (Schwungkraft), welche sie zu entfernen strebt, und auch wirklich entfernt, wenn die Schwungkraft größer, als diejenige ist, die sie nach dem Mittelpunkte treibt. Wirkungen der Schwungkraft sind die beobachteten Abplattungen der Himmelskörper, und die verminderte Schwere der Erdkörper unter dem Aequator. M. s. **Schwungkraft, Schwere der Erdkörper.**

Umfang s. **Volumen.**

Umherstrahlung der Wärme s. **Wärme.**

Umlauf (reuolutio, circuitus, periodus, revolution) Wenn ein bewegter Körper bey Centralbewegungen von einem gewissen Punkte seiner krummlinichten Bahn bis wieder zu demselben sich bewegt, so sagt man alsdenn, er habe einen **Umlauf** gemacht. Es wird also Bewegung in einer solchen krummen Linie vorausgesetzt, die in sich selbst zurückgeht. Auf solche Art machen die Planeten nebst den Kometen Umläufe in Ellipsen um die Sonne, und die Nebenplaneten eben dergleichen um ihre Hauptplaneten. Unter dem Artikel, **Centralbewegung**, ist das Vornehmste von der Theorie solcher Umläufe angeführt worden.

Am Himmel gibt es viele Bewegungen, die nur scheinbar sind. Haben diese eine solche Beschaffenheit, daß die scheinbar bewegten Körper von einem Punkte der Bahn in ihrem Fortgange bis wieder zu demselben kommen, so sagt man auch hier, sie machen einen **Umlauf**. Auf solche Art machen die Gestirne in einer scheinbaren Umdrehung der Himmelskugel ihren **täglichen Umlauf**, wo ein jedes Gestirn einen Kreis zu beschreiben scheint, und folglich einen scheinbaren Umlauf vollendet, indem es im Fortgange seiner Bewegung

von

von einem Punkte dieses Kreises bis wieder zu demselben kommt.

Umlaufszeit (tempus periodicum, temps periodique) heißt diejenige Zeit, welche verfließt, indem ein Körper einen Umlauf um einen andern macht. Was die Umlaufszeiten der Planeten um die Sonne, und die der Nebenplaneten um ihre Hauptplaneten betrifft, so werden diese unter dem Artikel, *Weltsystem*, angeführt werden.

Umschattigte (perifcii, perifciens) heißen diejenigen Bewohner der Erdfläche, welche zu gewissen Zeiten ihre Schatten binnen 24 Stunden nach allen möglichen Weltgegenden werfen. In den kalten Zonen haben nähmlich die dasigen Bewohner jährlich eine gewisse Zeit lang einen beständigen Tag, da ihnen die Sonne gar nicht untergeht. M. s. Tag. Während dieses Zeitraums durchläuft die Sonne alle 24 Stunden einen völlig sichtbaren Tagekreis, so daß sie nach und nach über alle Punkte des Horizonts zu stehen kommt, mithin die Schatten der Körper nach allen möglichen Weltgegenden sich drehen; daher auch die Bewohner dieser Zonen den Nahmen perifcii von dem griechischen Worte περὶ (circum) und σκια (vmbra) erhalten haben. Bewohner der Pole selbst würden also ein völliges halbes Jahr, die Bewohner des Polarkreises aber nur einen Tag lang umschattigt seyn.

Unbiegsamkeit, Steife (inflexibilitas, rigiditas, inflexibilité, roideur) heißt die Unfähigkeit eines festen Körpers, sich seiner Länge nach biegen zu lassen. Der Ausdruck Unbiegsamkeit wird besonders in dem Falle gebraucht, wo von der Veränderung der Lage der Theile eines festen Körpers nach derjenigen Richtung die Rede ist, welche der Sprachgebrauch die Länge des Körpers nennt, besonders wenn Theile, welche dieser Richtung nach vorher in geraden Linien lagen, in krumme gebracht werden, oder die Körper gebogen werden sollen. M. s. Biegsamkeit. Sie ist also nur ein besonderer Fall der Härte. M. s. Härte.

Voll-

Vollkommene Unbiegsamkeit der Körper gibt es nicht, weil es keine vollkommen harte Körper gibt. In der Statik ist es zwar nicht ungewöhnlich, besonders beym Hebel, eine linie anzunehmen, die als völlig unbiegsam betrachtet wird; allein beym physischen Hebel findet dieß nicht in aller Strenge Statt. Bey Anwendung eines solchen Hebels muß man vorzüglich darauf sehen, daß er eine hinlängliche Stärke besitze, um von den daran angebrachten Kräften nicht gebogen zu werden. Die relative Unbiegsamkeit eines solchen Hebels hat alsdann ihren Grund in dem Zusammenhange der Theile des festen Körpers, welchen die an selbigem wirkenden Kräfte nicht zu überwältigen vermögen.

Im Gegentheil nimmt man auch in der statischen Theorie Körper als vollkommen biegsam an, welche in der Anwendung einen gewissen Grad der Unbiegsamkeit besitzen, mithin der Theorie kein vollkommenes Genüge leisten, wie z. B. die Seile, welche um Rollen geführt werden, und wobey man in der Ausübung allerdings Rücksicht zu nehmen hat. M. s. Rolle.

Undurchdringlichkeit (impenetrabilitas, impenetrabilité). Mit diesem Ausdrucke bezeichnet man das bekannte Phänomen der Körper, einen bestimmten Raum zu erfüllen, d. h. einem andern Körper, welcher in den Raum des erstern eindringen will, zu widerstehen. Nach der atomistischen lehre, welche der Materie keine bewegende Kraft als ursprünglich voraussetzt, ist die Materie gar keiner Zusammendrückung fähig, und widersteht folglich einer ankommenden Materie absolut; dieß Phänomen kann die absolute **Undurchdringlichkeit** heißen, so wie die Erfüllung des Raums mit absoluter Undurchdringlichkeit die **mathematische**. Nach der dynamischen lehre hingegen, wird erwiesen, daß die Materie als solche einer Zusammendrückung fähig ist; hier ist Widerstand der Materie jederzeit der zusammendrückenden Kraft proportional; dieß Phänomen kann die relative **Undurchdringlichkeit**, und die Erfüllung des

Raums

Raums mit bloßer relativer Undurchdringlichkeit die dynamische heißen.

Um dieß Phänomen nach beyden Systemen zu beurtheilen, werde ich es erst nach dem atomistischen und nachher nach dem dynamischen betrachten. In Ansehung des mathematischen Begriffs der Undurchdringlichkeit kann keine Materie als solche zusammengedrückt werden, als in so fern sie leere Zwischenräume in sich enthält; mithin widersteht die Materie als Materie allem Eindringen schlechterdings und mit absoluter Nothwendigkeit. M. s. **Zwischenräume der Körper, Leere, zerstreuete.** Es kann also hiernach die Undurchdringlichkeit nur an denjenigen Stellen eines Körpers Statt finden, welche wirkliche Materien enthalten. Gäbe es demnach einen vollkommen dichten Körper, ohne alle Zwischenräume, so würde dieser an allen Stellen undurchdringlich seyn. Bey solchen Körpern wäre Undurchdringlichkeit mit vollkommener Dichte einerley. Daher haben auch einige, besonders französische Schriftsteller der Undurchdringlichkeit den Nahmen **Dichte** gegeben. Weil es aber vermöge der Erfahrung keinen vollkommen dichten Körper gibt, und man bloß die Atomen für völlig dicht, und an allen ihren Stellen undurchdringlich nehmen kann; so ist auch nur bey den Atomen die Undurchdringlichkeit mit der Dichte einerley; bey allen übrigen Körpern hingegen muß man Dichte von der Undurchdringlichkeit gar wohl unterscheiden. M. s. **Dicht.**

Diesen atomistischen Vorstellungen gemäß, ist es nicht schwer zu begreifen, daß die absolute Undurchdringlichkeit in der That nichts mehr oder weniger ist, als qualitas occulta. Denn wenn man fragt, was die Ursache sey, daß Materien einander in ihrer Bewegung nicht durchdringen können, so erhält man die Antwort, weil sie undurchdringlich sind.

Nach dem dynamischen Systeme, nach welchem der Materie zurückstoßende und anziehende Kraft zukommen, beruht die Undurchdringlichkeit auf einem physischen Grunde; denn die zurückstoßende Kraft macht sie selbst, als ein Ausgedehntes, welches seinen Raum erfüllt, allererst möglich. Da aber

aber diese Kraft einen Grad hat, welcher überwältigt, mithin den Raum der Ausdehnung verringert, d. h. in denselben bis auf ein gewisses Maß von einer gegebenen zusammendrückenden Kraft eingedrungen werden kann, doch so, daß die gänzliche Durchdringung, weil sie eine unendliche zusammendrückende Kraft erfordern würde, unmöglich ist, so muß die Erfüllung des Raums nur als relative Undurchdringlichkeit angesehen werden. Die Möglichkeit der zurückstoßenden Kraft kann zwar weiter nicht erklärt werden, und sie muß daher als Grundkraft gelten, allein sie gibt doch einen Begriff von einer wirkenden Ursache und ihren Gesetzen, nach welchen die Wirkung, nähmlich der Widerstand in dem erfüllten Raume, ihren Graden nach geschätzt werden kann.

Es ist aber wohl zu merken, daß hier bloß von der mechanischen Undurchdringlichkeit die Rede ist. Denn wenn gleich die Materie bis ins Unendliche zusammengedrückt werden kann, so kann sie doch von einer Materie niemahls durchdrungen werden. Im Gegentheil können sich Materien sehr wohl chemisch durchdringen; denn hier bleibt die Ausdehnung, nur nehmen die Materien nicht außer einander, sondern in einander zusammen einen der Summe ihrer Dichtigkeit gemäßen Raum ein. M. s. Durchdringlichkeit. Sonst gibt es aber verschiedene Körper, welche für andere Materien permeabel sind, wie z. B. Leder für Quecksilber u. s. f. Allein dieß kann keine Durchdringung genannt werden, so wie das Gegentheil, oder Impermeabilität, keine Undurchdringlichkeit, und gehört daher auch nicht hierher. Denn bey solchen Körpern findet gar keine Durchdringung einer Materie durch die andere Statt, sondern die ungleich mit einander verbundenen Theile werden ihres besondern Gefüges wegen durch Druck auf die durchzupressende Materie an den schwächsten Stellen näher an einander gebracht, so daß diese Materie durch die schon vorhandenen aber nun erweiterten Canäle hindurchgehen kann. Bey vielen andern Körpern, wo einige Schriftsteller Permeabilität annehmen, als z. B. beym Holz für Wasser, findet eigentlich schon eine chemische Durchdringung

gung Statt, und es ist keinesweges mit den Atomistikern richtig, daß eine solche Materie bloß durch die leeren Zwischenräume des Körpers durchgehe.

Undurchsichtig (opacum, opaque) nennt man einen Körper, welcher das Licht nicht durchläßt, oder durch welchen man andere Körper nicht sehen kann. M. s. **Durchsichtig**.

Undurchsichtigkeit (opacitas, opacité) heißt die Eigenschaft gewisser Körper, das Licht nicht durchzulassen. M. s. **Durchsichtigkeit, Licht**.

Ungleichartig (heterogeneum). Ungleichartige Materien heißen diejenigen, welche in ihrer Natur und in ihren Eigenschaften specifisch von einander verschieden sind; **gleichartige Materien** hingegen werden diejenigen genannt, welche einerley Natur und einerley Eigenschaften besitzen. Die Erfahrung lehrt, daß bey den verschiedenen Körpern unzählige Verschiedenheiten ihrer Wirkungen, und unendliche Mannigfaltigkeit ihrer Eigenschaften Statt finden. Nach der atomistischen Lehre wird eine völlig gleichartige primitive Materie vorausgesetzt, und die specifische Verschiedenheit der Materie, wovon uns die Erfahrung belehrt, beruhet bloß auf der verschiedenen Größe, der verschiedenen Stellung und Gestalt der Atomen und der eingestreueten Leere. Wenn daher zwey verschiedene Materien chemisch in einander wirken, so erhält der dadurch neu entstandene Körper seine eigene Natur bloß von der verschiedenen Lage oder Nebeneinanderstellung der Atome des so genannten aufgelösten Körpers; mithin ist hiernach eigentlich gar keine Auflösung möglich.

Nach dem dynamischen Systeme hingegen, macht die Verschiedenheit des Verhältnisses und der Intensität der respektiven Grundkräfte, welche das Wesen der Materie ausmachen, eine ursprünglich ungleichartige Materie möglich, woraus sich die empirische Verschiedenheit der Körper ableiten läßt.

Universalwage, Leupolds s. **Wage**.

Unisonus s. **Einklang**.

Universum s. **Welt**.

Unschattigte (ascii, asciens) heißen diejenigen Bewohner der Erdfläche, welche zu gewissen Zeiten gar keine Schatten werfen. In der heißen Zone zwischen den Wendekreisen steht nähmlich an gewissen Tagen die Mittagssonne im Scheitel, daher alsdenn die Schatten der senkrecht stehenden Körper auf den Grund fallen, welchen die Körper selbst bedecken; folglich gar keine Schatten sichtbar sind. Daher ist der Nahme ascii entstanden, welche so viel als ohne Schatten bedeuten. Die Bewohner des Aequators selbst sind an beyden Tagen der Nachtgleichen unschattigt; die Bewohner der andern Oerter sind unschattigt in zwey andern Tagen des Jahrs, da nähmlich die Abweichung der Sonne der geographischen Breite ihres Wohnorts gleich ist. In der übrigen Zeit fallen die mittäglichen Schatten an allen diesen Orten theils nordwärts, theils südwärts; daher auch ihre Bewohner Zweyschattigte, und beym Varenius [a]) ascii-amphiscii heißen. M. s. Zweyschattigte. Die Bewohner der Wendekreise sind bloß am Mittage des einen Solstitialtages unschattigt; in der übrigen Zeit aber einschattigt, und heißen dieserwegen ascii-heteroscii.

Untergang der Gestirne (occasus siderum, couches des astres). Hierunter versteht man das Unsichtbarwerden der Gestirne, indem sie unter dem Horizont des Beobachtungsortes hinabgehen. Mit Hülfe der künstlichen Himmelskugel lassen sich die Stunden des Unterganges eines jeden Gestirns für einen jeden Beobachtungsort auf eine mechanische Art finden. M. s. Himmelskugel, künstliche. Durch Rechnung findet man sie genauer aus dem halben Tagebogen oder der halben Dauer der Sichtbarkeit. Man hat alsdenn

Zeit der Culmin. $+ \frac{1}{2}$ Dauer der Sichtb. $=$ Stunde des Unterganges.

Auf diese Art findet man die Stunden des Unterganges für die Fixsterne in Sternzeit, welche sich leicht in Sonnenzeit verwandeln läßt. M. s. Sonnenzeit. Was aber die Planeten betrifft, so hat man eigentlich noch eine Berichtigung wegen

[a]) Geograph. vniuers. Tom III. cap. XXVII. prop. 3.

wegen ihrer eigenen Bewegung vom nächstvorhergehenden Mittage an nöthig; jedoch ist sie nur beym Monde beträchtlich, und daher mit in Rechnung zu bringen.

Für die Sonne ist die Stunde des Unterganges der halben Tageslänge gleich, wobey aber die Verwandlung der Zeit nicht nöthig ist. M. s. Ascensionaldifferenz.

Wegen der beträchtlichen Strahlenbrechung im Horizonte erfolgt der Untergang der Gestirne allemahl etwas später, als es die Rechnung angibt. M. s. Strahlenbrechung, astronomische.

Den Bewohnern des Aequators gehen alle Gestirne senkrecht auf und unter, unter den Polen der Erde aber gehen gar keine, und in den zwischenliegenden Oertern der Erde nur diejenigen unter, deren nördliche oder südliche Abweichung kleiner als die Aequatorhöhe des Orts ist. So findet bey uns gar kein Untergang von denjenigen Gestirnen um den Nordpol Statt, deren nördliche Abweichung $38\frac{2}{3}$ Grad und darüber beträgt.

Untergang der Gestirne nach dem Sinn der alten Poeten (occasus siderum poeticus, coucher des astres selon les anciens). Bey den alten Poeten und Schriftstellern von der Oekonomie kömmt noch die Art vor, gewisse Tage im Jahre durch den Auf- und Untergang der Gestirne zu bezeichnen, wovon die Veranlassung unter dem Artikel, **Untergang der Gestirne**, ist angeführt worden. Mit dem Ausdrucke Untergang hat man vorzüglich dreyerley Dinge bezeichnet, nähmlich das Verschwinden des Sterns in den Sonnenstrahlen, seinen Untergang mit Aufgang der Sonne, und seinen Untergang mit Untergang der Sonne (occasus heliacus, cosmicus, acronychos).

Das Verschwinden in den Sonnenstrahlen (occasus heliacus, coucher héliaque) erfolgt an dem Tage, an welchem ein Stern, der bisher von der Sonne so weit entfernt war, daß ihn der Glanz derselben nicht verdunkelte, wegen Annäherung der Sonne unsichtbar zu werden anfängt. Mit diesem Tage, sagt man, gehe er heliace unter. Am folgen-

folgenden Tage nähmlich wird man ihn wegen Nähe der Sonne gar nicht mehr sehen können.

Weil Sterne von erster Größe nicht sichtbar werden, wenn bey ihrem Untergange die Sonne 10 Grad tief unter dem Horizonte sich befindet, so läßt sich die Zeit des Verschwindens eines solchen Sterns in den Sonnenstrahlen bestimmen, wenn man den Stern einer künstlichen Himmelskugel in den Abendhorizont führt, und den Punkt der Ekliptik bemerkt, der alsdenn 10 Grad tief unter dem Horizonte liegt. Der Tag des Jahrs, an dem die Sonne diesen Punkt der Ekliptik erreicht, ist der Tag des Verschwindens des Sterns in den Sonnenstrahlen. Genauer findet man dieß durch Rechnung.

Der Untergang eines Sterns mit Aufgang der Sonne (occasus cosmicus, coucher cosmique) wird gefunden, wenn man den Punkt der Ekliptik auf der künstlichen Himmelskugel sucht, welcher im Morgenhorizonte sich befindet, wenn der Stern im Abendhorizonte steht. Der Tag, an den die Sonne diesen Punkt erreicht, ist der Tag des Unterganges des Sterns mit Aufgang der Sonne.

Der Untergang eines Sterns mit Untergang der Sonne (occasus acronychos, coucher acronyche) fällt für Sterne, welche nahe an der Ekliptik stehen, ungefähr 12 bis 15 Tage später, als das Verschwinden in den Sonnenstrahlen. Den Tag desselben findet man, wenn man auf der Himmelskugel den Punkt der Ekliptik sucht, welcher mit dem Sterne zugleich im Abendhorizonte steht. Dieser Punkt ist dem, welcher dem kosmischen Untergange zugehört, gerade entgegengesetzt; daher sind die Tage des kosmischen und akronyktischen Unterganges etwa um ein halbes Jahr aus einander.

Um die hierher gehörigen Stellen der Alten recht zu verstehen, muß man hierbey auf die Polhöhen und auf das Fortrücken der Nachtgleichen Acht haben, wozu Herr Scheibel *) Anleitung gibt.

M. s.

*) Vollständiger Unterricht vom Gebrauch der künstlichen Himmelskugel. Breslau, 1785. 8.

M. s. de la Lande astronomisches Handbuch §. 205. f. Kästner Anfangsgründe der angew. Mathemat. 4te Aufl. 1792. 8. Astronom. §. 126 — 128.

Unterlage s. Hypomochlium.

Uranfänge s. Elemente.

Uranium (vranium, uranie, uranite) eine vom Herrn Klaproth im Jahre 1789. entdeckte metallische Substanz. Er fand sie zuerst in der so genannten Pechblende, welche man ehedem bald zu den Zinkerzen, bald zu den Eisenerzen rechnete, und dann in dem so genannten grünen Glimmer oder Chalkolith, welchen Bergmann für ein salzsaures Kupfer gehalten hatte.

Wird die reine gepulverte Pechblende mit Salpetersäure digerirt, so löset sich das Metallische vollkommen auf, und der Schwefel bleibt theils zurück, theils wird er als hepatisches Gas abgeschieden. Aus der filtrirten Auflösung läßt sich hierauf der Kalk des Uraniums durch reine feuerbeständige Alkalien fällen. Von Farbe ist er zitronengelb, wenn er rein ist; ein Eisengehalt macht ihn mehr oder weniger braungelb. Dieser gelbe Kalk des Uraniums ist feuerbeständig, und bezeigt sich völlig unschmelzbar für sich. Vor dem Löthrohre erleidet er keine Aenderung, außer daß er durchs Glühen eine bräunlichgraue Farbe annimmt. Mit Mineralalkali und Borax vor dem Löthrohre geschmolzen, entsteht ein bräunliches Korn; mikrokosmisches Salz hingegen löset ihn hier zu einer grünen klaren Perle auf.

Bey der Reduktion beträgt sich der Uraniumkalk sehr widerspenstig. Herr Klaproth erhielt das regulinische Uranium in einer zusammenhängenden Masse, die aus zusammengesinterten höchst kleinen Metallkörnern bestand, porös und gleichsam schaumartig, von außen dunkelgrau, auf dem Strich aber hellbraun von geringem Glanze war, sich leicht feilen, und sogar mit dem Messer schaben ließ, also weich war. Das eigenthümliche Gewicht war 6,440. Beym Glühen auf der Kohle vor dem Löthrohre erhielt dieß Metall gar keine Aenderung.

Herr Richter *) bediente sich zur Reduktion eines andern Verfahrens, als das des Herrn Klaproths, und erhielt einen gut geflossenen Regulus, der dem Kobolt in der Farbe ähnlich und spröde war. Herr Gren meint aber, daß dieser Uraniumregulus wahrscheinlich phosphorhaltig und also nicht rein sey.

Der Uraniumkalk verbindet sich mit den Gläsern im Flusse, und ertheilt ihnen unterschiedene Farben. Herr Klaproth erhielt mit Kieselerde, Potaschenalkali und gelben Uraniumkalk ein durchsichtiges hellbraunes Glas, mit Mineralalkali ein undurchsichtiges schwarzgraues, mit Borax ein Glas völlig als Rauchtopas u. s. f.

Der Uraniumkalk löset sich in verdünnter Schwefelsäure auf, und gibt damit nach dem Abdunsten ein zitronengelbes, in kleinen zusammengehäusten Säulen krystallisirtes Salz. In der Salpetersäure löset sich der Uraniumkalk noch viel leichter, als in der Schwefelsäure auf. Diese Auflösung gibt nach dem Abdunsten sehr schöne große Krystalle von zeisiggrüner Farbe in sechsseitigen Tafeln.

Die feuerbeständigen Alkalien schlagen das Uranium aus den Auflösungen in den Säuren als einen zitronen- oder quittengelben Kalk nieder. Durch regulinischen Zink und durch Eisen wird er weder in der Kälte noch in der Wärme in den Säuren gefällt.

Mit Schwefel verbunden gibt das Uranium die so genannte Pechblende, welche also eigentlich schwefelhaltiges Uranium ist.

M. s. Gren systematisches Handbuch der gesammten Chemie. Th. III. Halle, 1795. 8. §. 3534. u. f.

Uranus, Georgsplanet, Georgenplanet, Herschels Planet (vranus, georgium sidus, urane, planete de Herschel). Diesen Nahmen führt einer vom Herrn Herschel

*) Ueber die neuern Gegenstände der Chemie, vorzüglich das neuentdeckte Halbmetall Uranium. 1stes Stück. Breslau und Hirschberg, 1791. 8.

Herschel entdeckter Planet, den man wegen seiner großen Entfernung schwerlich anders als durch Fernröhre sehen kann.

Herr Herschel war im Jahre 1781. mit Beobachtung der Fixsterne mit Hülfe seiner Teleskope beschäftigt. Am 13ten März ward er endlich durch sein siebenfüßiges newtonisches Teleskop einen kleinen Stern zwischen den Hörnern des Stiers und den Füßen der Zwillinge gewahr, welcher bey 227facher Vergrößerung merklich größer war als die benachbarten, mit bloßen Augen gleich groß aussehenden, Sterne, und welcher schon einen kenntlichen Durchmesser zu haben schien. Mit 460 und 932 Vergrößerung zeigte er eine merkliche Scheibengestalt. Nunmehr bestimmte er mittelst eines Mikrometers die Stellung desselben gegen die benachbarten Sterne *), und bemerkte eine Veränderung seiner Lage, wodurch er sich noch mehr von den Fixsternen auszeichnete. Anfänglich hielt ihn zwar Herr Herschel für einen Kometen; allein der gänzliche Mangel eines Nebels oder eines Schweifes und sein nach einigen Tagen entdeckter regelmäßiger Lauf, ließ in ihm bald vermuthen, daß es ein bisher unbekannter Planet seyn möge. Am 14ten März stand er gerade in der Quadratur mit der Sonne, welche ihm nun täglich näher kam. Zu dieser Zeit ging er rechtläufig, und beynahe parallel mit der Ekliptik, in 24 Stunden nur um $\frac{3}{4}$ Minuten fort; sein Lauf ward aber immer schneller, je näher ihm die Sonne kam, gerade so, wie es der Theorie der Planeten gemäß ist.

Nachdem Herr Herschel der königlichen Societät Nachricht davon ertheilt hatte, fand endlich auch D. Maskelyne, wiewohl mit einiger Mühe, diesen Stern am 17ten März, und fing am 1sten April an, die Beobachtungen desselben fortzusetzen. Diese Entdeckung meldete er dem Messier in Paris, welcher vom 16ten April den Stern zu beobachten anfing.

Hiervon wurde Herr Bode in Berlin im Monath May benachrichtigt; aber wegen der schon eintretenden langen Abenddämmerung konnte man ihn hier nicht mehr sehen, ob ihn

 gleich

*) Philos. Transact. for 1781. Vol. LXXI. P. I.

gleich die Astronomen zu Mayland und Pisa noch im Monath May fanden. Indessen ließ sich doch schließen, daß er den 19ten Juni zur Sonne kommen, und etwa im Julius in der Morgendämmerung wieder sichtbar werden müßte.

In Paris ward er wirklich schon am 18ten Juli wieder gesehen, indem daselbst die Morgendämmerung etwas später, als bey uns, anbricht. Endlich fand ihn Herr Bode am 1sten August, und von dieser Zeit an wurde er von mehreren Astronomen ununterbrochen beobachtet. Am 25sten Sept. sahe man ihn wieder in Quadratur mit der Sonne kommen, und gleich darauf seinen Stillstand und Rückgang machen, welcher immer schneller erfolgte, und am 22sten Dec., wo er mit der Sonne im Gegenschein war, täglich 2½ Minute ausmachte, wobey seine nördliche Breite immer größer ward.

Gleich bey der ersten Entdeckung dieses Sterns hielten ihn die englischen Astronomen für einen Planeten; die französischen hingegen glaubten, daß er ein Komet sey. Die ununterbrochen fortgesetzten Beobachtungen seines Laufs aber setzten es noch im Jahre 1781. außer allen Zweifel, daß er ein wirklicher Planet sey, der jenseits der Saturnusbahn in einer Ellipse um die Sonne laufe, und uns beständig sichtbar bleiben werde. Aus den Erscheinungen seines Laufs berechnete man, daß er 18 bis 19 Mahl weiter von der Sonne entfernt sey, als unsere Erde, und folglich seinen Umlauf nach den keplerischen Regeln erst in 80 bis 90 Jahren vollende.

Eine solche Entdeckung mußte Herrn Herschel um desto mehr Ehre bringen, da die Beobachtung der scheibenähnlichen Gestalt, und der eigenen Bewegung dieses kleinen Sterns eine bloße Folge seiner selbst verfertigten Spiegelteleskope war. Auch wurde Herr Herschel für diese seine Entdeckung von den Engländern viel belohnt. Der König von Großbritannien gab ihm einen Gehalt von 300 Pfund Sterling nebst freyer Wohnung zu Datchat bey Windsor; die königliche Societät der Wissenschaften nahm ihn zu ihrem Mitgliede auf, und erkannte ihm die Capleysche Medaille zu, welche jährlich zur Belohnung der wichtigsten Entdeckungen ausge-

setzt

setzt ist; auch erhielt er von der Universität zu Oxford die Doktorwürde.

Dieser Planet erscheint als ein kleiner Stern von sechster Größe, den bloßen Augen kaum sichtbar. Indessen hat ihn doch Herr Herschel mehrmahls bey heiterer Luft mit bloßen Augen gesehen *). Herr Bode sah ihn ohne Mühe durch ein Nachtfernrohr von 9 Zoll Länge, maß auch einige Mahl durch einen lambertschen Sternausmesser von 12 Zoll Länge seine Entfernung von benachbarten Fixsternen, und bemerkt, daß einige seiner Freunde selbigen bey recht heiterer Luft auch ohne Fernrohr gefunden hätten, wenn er ihnen nur seine Stelle genau angegeben habe. Um seine scheibenähnliche Gestalt wahrzunehmen, werden schon stärkere Vergrößerungen verlangt.

Dieß und sein sehr langsames Fortrücken sind unstreitig die Ursachen, warum er erst so spät ist entdeckt worden. Man hat zwar sehr sonderbar gefragt, warum man ihn nicht eher und gerade jetzt erst beobachtet habe? bloß um zweifelhaft zu machen, ob dieser Stern jederzeit am Himmel gestanden habe, und ob er nicht vielmehr eine kometenähnliche, bloß periodische Erscheinung sey. Allein es kann einem jeden hierbey sehr leicht der gegründete Gedanke einfallen, daß ihn fleißige Beobachter des Himmels sehr oft mögen gesehen haben, ohne ihn jedoch für etwas mehr, als einen teleskopischen Fixstern zu halten, dergleichen am Himmel in zahlreicher Menge wahrgenommen werden.

Inzwischen ward doch Herr Bode dadurch veranlaßt, in den Fixsternverzeichnissen nachzusehen, ob nicht vielleicht bey den darin bemerkten kleinen Sternen Angaben vorkämen, welche auf den damahligen Stand des für einen Fixstern gehaltenen neuen Planeten Bezug haben möchten. Zuerst verfiel er auf den Stern 27 ♉ in Tychons Verzeichnisse, von welchem schon Hevel 1650. bemerkt, daß er nicht mehr daselbst am Himmel befindlich sey. Aus der Geschwindigkeit des neuen Planeten ließ sich vermuthen, daß derselbe um

 1589.,

*) Philos. Transact. for. 1783. Vol. LXXIII, P. I. n. I.

1589., da **Tycho** diese Gegend beobachtete, hier müsse gestanden haben [α]); daher dieser tychonische Stern vielleicht der gegenwärtige neue Planet seyn könnte. Allein diese Muthmaßung hat sich nicht bestätigt.

Dagegen fand Herr **Bode** den 964sten Stern in **Mayers** Zodiakalverzeichnisse [β]), welcher beym Wasserguß des Wassermannes östlich vom Sterne φ stehen sollte, seines sorgfältigen Nachsuchens ungeachtet im August 1781. nicht am Himmel. Gerade in der dortigen Gegend aber mußte der neue Planet um 1756. seinen Stand gehabt haben. Auch hat **Mayer** im Sternverzeichnisse angegeben, daß er die Stelle dieses Sterns nur nach einer einzigen Beobachtung bestimmt habe, und diese Beobachtung war, wie Herr **Lichtenberg** in den mayerschen Manuskripten fand, am 25sten Spt. 1756. gemacht. Seine Vermuthung, daß der neue Stern wirklich der von Mayer beobachtete seyn möge, bestätigte er in seinem Jahrbuche vom 1785.; nachher gab er Tafeln für diesen neuen Planeten nach Formeln des Herrn **la Place**, welche auf Herrn **Mechain's** Beobachtungen gegründet waren. Auch mit Berechnung nach diesen Formeln stimmte **Mayers** Angabe überein.

Eben dieses vermuthete auch Herr **Bode** seit dem Jahre 1784. von **Flamsteads** Sterne im Stier, zwischen dem Siebengestirn und den Hyaden, von sechster Größe, den er ebenfalls am Himmel nicht finden konnte. Damahls waren die Elemente der Bahn dieses neuen Planeten schon von mehreren Astronomen etwas bestimmter angegeben, und diese gaben ihm für das Ende des Jahrs 1690. eben diejenige Stelle, welche **Flamstead** dem angeführten Stern des Stiers zuschreibt. Da nun **Flamstead's** Beobachtung [γ]) am 13ten Dec. alten oder 23. Dec. neuen Styls des Jahrs 1690. gemacht ist, so wär es sonder Zweifel, daß auch dieser vermeinte Fixstern kein anderer, als der neue Planet gewesen sey. Man verdankt

α) Bode astronom. Jahrbuch für 1784 und 1786.
β) *Tob. Mayeri opp. ined. Vol. I. p. 72.*
γ) Historia coelestis Britann. Tom. II. p. 86.

dankt also Herr **Boden** die Entdeckung älterer Beobachtungen dieses Planeten, freylich nicht als Planeten, und dadurch Gründe zu sicherer und genauerer Kenntniß seiner Bahn und Bewegung.

Auch die französischen Astronomen fanden **Flamstead's** Angabe mit den fortgesetzten neuern Beobachtungen übereinstimmend; und ihre gegen die Wahrnehmung des mayerschen Sterns geäußerten Zweifel zerstreueten sich völlig, nachdem Herr **Lichtenberg** die vollständigen Angaben aus den mayerschen Manuskripten dem Herrn **de la Lande** im Jahre 1789. bekannt gemacht hatte. Um eben diese Zeit fand man auch, daß **le Monnier** den neuen Planeten in den Jahren 1763 und 1769 gesehen, und ihn ebenfalls für einen Fixstern gehalten habe. Daraus ist also klar, daß dieser neue Planet zwar schon von **Flamstead** im Jahr 1690, von **Mayer** im Jahre 1756 und von **le Monnier** in den Jahren 1763 und 1769 gesehen, aber von **Herschel** im Jahre 1781 zuerst als Planet entdeckt worden ist.

Die ersten Untersuchungen über die wahre muthmaßliche Bahn des Uranus stellten die Herren **Bode**, **Lexell** α), **Hennert** β), **Mechain** γ) an. Hieraus hat Herr **de Lambre** δ) Elemente der Bahn des Uranus, jedoch ohne auf die Störungen des Uranus durch Jupiter und Saturn Rücksicht zu nehmen, berechnet, welche vom Herrn **de la Lande** nach Göttingen und von da aus nach Gotha an den Herrn **von Zach** übersendet wurden, nach dessen ausführlicher Berechnung sie für alle Oppositionen des Uranus von 1781 bis 1788 sehr gut zutreffen, und nicht über 27 Sekunden, für die von 1789 aber um $55\frac{1}{2}$ Sekunde abweichen, woraus Herr **von Zach** schließt, daß sie unter den bisherigen die genauesten sind, aber wegen der Störungen durch Jupiter und

α) Recherche sur la nouvelle planète, découverte par Mr. *Herschel*, à St. Petersb. 1784. 4.

β) Bode astronom. Jahrbuch für 1786. S. 223.

γ) Ebendas. S. 231. f.

δ) Götting. gelehrte Anzeig. 1789. 199 Stück, imgl. Gothaische gelehrte Zeit. 1789. Beylage zum 101sten Stück.

Saturn bald einer neuen Verbesserung bedürfen möchten. Tafeln von Herrn de Lambre für diesen Planeten finden sich in der neuesten Ausgabe von de la Lande Astronomie. Besonders aber zeichnen sich die Tafeln von Herrn Wurm in Nürtingen aus *). Die heliocentrischen Tafeln sind von de Lambre; Hr. de la Lande hat sie Hrn. Wurm mitgetheilt. Die geocentrischen aber hatte Herr Wurm schon vor dieser Mittheilung berechnet, sie lassen sich auch bey andern Elementen der Bahn, als die Herr de la Lande angenommen hat, gebrauchen. Endlich hat auch Herr Klügel [β]) einige Betrachtungen über die Störungen des Uranus durch Jupiter und Saturn angestellt.

Aus allen diesen Bestimmungen folgt, daß Uranus von der Sonne aus gerechnet der siebente und äußerste Planet ist, dessen elliptische Bahn alle übrigen einschließt. Die Ebene seiner Bahn macht mit der Ebene der Erdbahn einen Winkel von 46′ 14″.

Der Erde mittlere Entfernung von der Sonne für 1 genommen ist des Uranus Entfernung von der Sonne

kleinste	= 18,1738
größte	= 19,9898
mittlere	= 19,0813
Eccentricität	= 0,9075
halbe kleine Axe der Bahn	= 19,0602
Für den 1sten Jan. 1782. Längen	
der Sonnenferne	= 11 Zeich. 23 Gr. 22 M. 59 Sek.
der aufsteigenden Knoten	= 2 Zeich. 3 Gr. 1 M. 2 Sek.

Bewegungen der Sonnenferne und der Knoten können noch nicht bekannt seyn, da man den Planeten nicht lange genug als Planeten kennt; doch werden diese Längen für eine gewisse Zeit angegeben, weil sie schon das Rückgehen der Nachtgleichen ändert, wie die Länge eines Sterns.

Wegen

*) Geschichte des neuen Planeten Uranus sammt Tafeln für dessen heliocentrischen und geocentrischen Ort. herausgeg. und berechnet von Wurm. Gotha, 1791. 8.

β) Bode astronom. Jahrbuch für 1803.

Wegen der geringen Eccentricität der Uranusbahn läßt sich diese ohne großen Fehler als ein Kreis betrachten, dessen Halbmesser etwa 19 Mahl größer ist, als der Halbmesser der Erdbahn. In dieser Bahn bewegt sich Uranus, wie Mars, Jupiter und Saturn, von Abend gegen Morgen, um die Erde. Die Dauer seines Sideralumlaufs beträgt 30689 Tage; seine Bewegung, welche sehr nahe in der Ebene der Ekliptik vor sich geht, fängt an rückläufig zu werden, wenn der Planet vor der Opposition 103½ Grad von der Sonne entfernt ist; sie hört auf, es zu seyn, wenn er nach der Opposition bey seiner Wiederannäherung zur Sonne ihr bis auf 103½ Grad nahe gekommen ist. Die Dauer seines Rücklaufs ist ungefähr 151 Tage, und der Bogen desselben 3° 36'. Wenn man übrigens die Entfernung des Uranus nach der Langsamkeit seiner Bewegung beurtheilt, so muß er an den Gränzen des Planetensystems seyn.

Den scheinbaren Durchmesser gibt Hr. **Herschel** *) nicht viel größer oder kleiner als 4 Sekunden an, welche Bestimmung wohl zuverlässiger, als die von **Mayer** in Mannheim, der ihn zwischen 9 und 11 Sekunden angab, oder die von den mietauischen Astronomen, die ihn 6 bis 7 Sekunden schätzen. Hr. **Bode** setzt ihn im Jahrbuche für 1785 wenigstens auf 5 Sekunden. **Herschel** nimmt dabey seine Entfernung von der Sonne mit **de la Lande** 18,913 Mahl größer an, als den Halbmesser der Erdbahn, daß folglich Uranus in derjenigen Entfernung, in welcher sich die Erde von der Sonne befindet, $4 \times 18,913 = 75'',6$ groß im Durchmesser erscheinen müsse. In eben dieser Entfernung erscheint der Durchmesser der Sonne 31' 57'', d. i. über 75 Mahl größer. Hieraus findet er den Uranus im Durchmesser über 25 Mahl kleiner, als den der Sonne, mithin etwa 4½ Mahl (genauer 4,31769 Mahl) größer als die Erde, so daß er an körperlicher Größe unsere Erde 88 Mahl übertreffen würde. Die neuern Angaben von Herrn **de Lambre** (wo die Entfernung 19,2 angenommen ist) würden etwas mehr geben;

*) Philos. Transact. Vol. LXXVIII, P. II. p. 22.

geben; allein die Bestimmung des scheinbaren Durchmessers ist zu schwankend. Die Beobachtungen desselben von der Erde aus geben ihn in der Opposition mit der Sonne größer, als er aus der Sonne gesehen, oder in den mittleren Entfernungen, ist. Mit Rücksicht hierauf gibt Herr **Bode** seinen Durchmesser nur 4,215 Mahl und seinen Inhalt 75 Mahl größer, als Durchmesser und Inhalt der Erde. **Lexell**, welcher den Uranus mit dem nahe stehenden Mars verglichen hatte, dessen Durchmesser damahls nur 5 Sekunden ausmachte, fand jenen doch noch viel kleiner, und schätzt seinen Durchmesser nur 3 Sekunden.

Seine Umdrehung um eine Axe läßt sich vermuthen, so wie auch die Gravitation anderer Körper gegen ihn, obgleich dieß aus unmittelbaren Beobachtungen sich nicht schließen läßt. Herr **Herschel** nimmt seine Dichte = $\frac{1}{5}$ der Dichte der Erde an, und nach dieser Voraussetzung schätzt er die Masse des Uranus 17,740612 Mahl größer als die Masse der Erde, und den Fallraum der Körper auf seiner Oberfläche in 1 Sekunde Zeit setzt er auf 18 Fuß 8 Zoll. Nach la Place Bestimmungen beträgt die Dichte des Uranus ungefähr $\frac{1}{4}$ der Erde.

Vorschläge zu Benennungen und Bezeichnungen dieses Planeten sind sehr vielfältig gethan worden. Herr **Bode** schlug den Nahmen des Vaters vom Saturn und Atlas, **Uranus**, vor, welcher auch in Deutschland, Rußland, Dänemark und Italien von allen Astronomen angenommen ist; **Herschel** nannte ihn sidus Georgicum (the Georgian Planet), so noch jetzt in England gebräuchlich ist, und die Franzosen haben ihn mit dem Nahmen Herschel belegt. Außerdem schlug der P. **Hell** noch den Nahmen Vrania vor. Unter diesen Benennungen werden seine Stellen in Herrn **Bodens** Jahrbuche, der connoiss. de tems, und den Wiener Ephemeriden angegeben.

Was die Bezeichnungen dieses Planeten betrifft, so gab ihm Herr **Bode** das Zeichen der Platina (♁); der P. **Hell** schlug eine Scheibe vor, die einen sechsstrahligen Stern trägt;

nähm-

nähmlich ein Planet durch die Scheibe angedeutet, der für einen Fixstern gehalten worden [a]). In Frankreich und England ist die gewöhnliche Bezeichnung eine Scheibe, die ein H trägt; Cousin [β]) hat sie umgekehrt, so daß die Scheibe von dem H getragen wird.

Auch wollte man diesem Planeten ein Metall geben, wie den übrigen, und dazu fand sich glücklich die Platina, wovon auch Herr Bode das Zeichen genommen hat. Der P. Hell erhielt (angeblich von Herrn Ingenhouß) eine Schaumünze von Platina mit dem Nahmen Vrania, und den Zeichen der Planeten, wovon Herr Kästner ein Exemplar besaß [γ]). Im Jahre 1790. aber legte Herr Klaproth einem neu entdeckten Metall den Nahmen Uranium bey, der sich auch in der chemischen Nomenklatur erhalten hat.

M. s. J. E. Bode von dem neu entdeckten Planeten. Berlin, 1784. 8. Kästner Anfangsgründe der angew. Mathematik. 4te Aufl. Astronomie §. 201. la Place Darstellung des Weltsystems aus dem Franz. übers. durch Hauff. Frankf. am Mayn, 1797. Th. I. Cap IX.

Ursache, physische s. Phänomene.

Urschall s. Echo.

Ursprüngliche Berge s. Berge.

Ursprüngliche Elektricität s. Elektricität.

Ursprünglicher Magnetismus s. Magnet.

Urstoffe s. Elemente.

V.

Vacuum s. Leere.

Vacuum Leidner s. Leidner Vacuum.

Vacuum tragbares s. Luftpumpe.

Variation der Magnetnadel s. Abweichung der Magnetnadel.

Varia-

a) Historia Vraniae musae, quam inter Deos Deasque planetarias recens detexit Herschelius, carmine exposita a *Geo. Aloys. Szerdahely* und lis astronomorum de nomine, quo planeta — nominandus sit, carmen, ab Vranophilo Austriaco bey den Wiener Ephemeriden für 1788.

β) Introduction à l'astronomie physique à Paris 1787. 4. §. 4.

γ) Götting. gelehrte Anzeig. 1789. 8. S. 1721.

Variation des Mondes s. Perturbationen.

Vegetabilien s. Pflanzen.

Vegetation, künstliche s. Dianenbaum.

Ventilator (ventilator, ventilateur). D. Hales *) erfand eine Maschine, vermittelst welcher man aus eingeschlossenen Räumen die in selbigen verdorbene Luft wegbringen, und an deren Statt frische Luft herbeyschaffen kann, und eben diese nannte er **Ventilator**. D. Hales wurde auf den glücklichen Gedanken einer solchen Erfindung im Jahre 1741. dadurch geleitet, daß die meisten Schiffskrankheiten von der zwischen den Verdecken eingeschlossenen durch Athmen und Ausdünstung verdorbenen Luft herrühren. Die Beschreibung seiner Maschine las er im May 1741. in einer Versammlung der königlichen Gesellschaft zu London vor. Im November eben desselben Jahres benachrichtigte der königliche schwedische Ingenieur Capitän **Martin Triewald** dem damahligen Präsidenten der königlichen Societät zu London, daß er ebenfalls eine Maschine zu Erneuerung der Luft auf Schiffen erfunden habe, welche binnen einer Stunde 36172 Cubikfuß auspumpe. Man hat sich dieser Maschine mit sehr gutem Erfolge auf den Schiffen der schwedischen Flotte und in Frankreich, wohin Triewald ein Modell gesendet hatte, bedient. Beyde Erfindungen haben sehr viele Aehnlichkeit mit einander, und es wird daher genügen, des D. Hales seine zu beschreiben.

Der Ventilator des D. Hales besteht aus zwey hölzernen Kästen oder Parallelipipeden, wovon ein jedes in die Mitte durch eine um ein Charnier bewegliche Klappe getheilet ist. Diese Klappen sind an einer Seitenfläche des Kastens durch das Charnier befestiget, und sind von den übrigen Seiten ringsum um $\frac{1}{20}$ Zoll entfernt. Sie sind durch eiserne Stangen an einem Hebel so befestigt, daß man durch Hin-

*) Treatise on ventilators. Lond. 1743. 2. ed. 1752. II. Vol. 8. description du ventilateur de M. *Hales*, trad. de l'Angl. par *Demours*, Paris 1744. 8. auszugsweise im Hamburg. Magazin. B. II. S. 25.

Hin- und Herbewegen der Hebelstangen, wie bey dem doppelten Druckwerke, abwechselnd eine Klappe um die andere öffnen und verschließen kann. An den Grundflächen jedes Kästchens befinden sich vier Ventile. Zwey derselben öffnen sich nach innen, zwey nach außen. Jeder Kasten ist an der Stelle, wo sich die ausgehenden Ventile befinden, mit einem vorliegenden kleinen Kasten oder Parallelipipedum verbunden, in welches man bewegliche Röhren einsetzen kann, um durch selbige die Luft dahin zu leiten, wo man derselben nöthig hat.

Um nun mittelst dieser Maschine die verdorbene Luft aus dem Zimmer herauszuschaffen, muß sie eine solche Stellung erhalten, daß die eingehenden Ventile mit dem Zimmer in Verbindung sind, das Ende der Röhre aber hinaus in die freye Luft geht. In dieser Stellung, welche D. Hales für die vortheilhafteste hält, konnte man mit einem doppelten Kasten (von 10 Fuß Länge, 3 bis 4 Zoll Breite und 13 Zoll Höhe) binnen einer Stunde 25000 Tonnen Luft auspumpen, und die frische Luft ging dagegen so unvermerkt ein, daß weder die Kranken, noch die Schlafenden im Zimmer davon einige Unbequemlichkeiten empfanden. D. Hales fügt aber noch die Bemerkung bey, daß der Ventilator beständig in Bewegung erhalten werden müsse, wenn man recht reine Luft auf den Schiffen haben wolle. Um gegentheils frische Luft ins Zimmer einzubringen, müßte die Maschine außerhalb des Zimmers sich befinden, und die Leitröhre ins Zimmer gehen, wobey aber der entstandene Wind Unbequemlichkeiten verursachen würde. Uebrigens führt D. Hales noch manches Gute über die Mittel an, die Gesundheit auf den Schiffen zu erhalten, und räth dabey an, seinen Ventilator zur Reinigung der Luft in Kohlenschächten, Kornböden, Pulvermagazinen u. dergl., zu Trocknung des Getreides, und des Schießpulvers, zum Einblasen von Dämpfen, welche die Würmer und Insekten tödten u. s. f. zu gebrauchen.

Weil diese Maschine einen großen Raum einnimmt, und zu ihrer Bewegung beständig Arbeiter erfordert werden, so hat

hat man sie auf den Schiffen nicht so allgemein in Anwendung gebracht, sondern man bedient sich vielmehr zur Erneuerung der Luft eines von Sutton vorgeschlagenen und von D. Mead [a]) zuerst bekannt gemachten Mittels, indem man nähmlich mittelst des Küchenfeuers einen Luftzug bewirket, welcher durch ein mit dem Aschenherde verbundenes und in mehrere Zweige verbreitetes Zugrohr an die Orte, wo er nöthig ist, geführet wird.

Cavallo [b]) führt aus einer englischen Schrift, welche den Titel führt: Practical Treatise on Chimneys, über die beste Art, in ein Zimmer frische Luft zu bringen, folgende sehr gute Bemerkung an. Man kann aus einer Oeffnung in oder nahe bey der Decke des Zimmers eine kleine Röhre entweder bis auf die Spitze des Gebäudes hinauf führen, oder ihr sonst eine Verbindung mit der äußern Luft geben. Sobald das Feuer einige Theile der Luft im Zimmer erwärmt hat, dehnen sich diese sogleich aus, und steigen in die Höhe, — andere nach und nach erwärmte und verdünnte Theile drucken alsdann nach, und treiben die leichtesten Theile durch die Oeffnung in der Decke hinaus. Dadurch wird die verdorbene Luft nach und nach hinweggeschafft, ohne daß sie wieder in die niedrigern Gegenden herabkommen kann.

Um aber frische Luft ins Zimmer zu bringen, mache man noch eine andere Oeffnung in der Decke, und verbinde dieselbe mit einer engen Röhre, welche auf die äußere Seite der Mauer, oder in einen andern schicklichen Theil des Gebäudes geführt, hier aber umgebogen und niederwärts bis an den Erdboden geleitet wird. Hierdurch wird die kalte und dichte äußere Luft nahe am Erdboden in die untere Oeffnung der Röhre getrieben, und steigt in eben dem Maß ins Zimmer auf, in welchem die erwärmte Luft durch jene Zugrohr in die höhern Gegenden entweicht. Diese schwerer Luf

a) Philosoph. Transact. for 1741. num. 462. p. 42.
b) Abhandlung über die Natur und Eigenschaften der Luft. Aus dem Engl. Leipz. 1783. 8. S. 175. f.

Luft sinkt, so bald sie das Zimmer erreicht, durch ihr Gewicht gegen den Boden herab, vermischt sich während des Falles nach und nach mit der erwärmten, und wird dadurch so gleichförmig durch das Zimmer vertheilt, daß sie die Lichter und Personen nur unmerklich erreicht, ohne die Unbequemlichkeiten zu verursachen, deren man sich bey den gewöhnlichen Wegen, frische Luft einzulassen, unterwerfen muß. Wäre die Zugröhre näher am Boden des Zimmers angebracht, so würde die Luft in einem starken und unterbrochenen Zuge gegen das Feuer zu gehen, sie würde die Schenkel und untern Theile des Körpers der im Zimmer befindlichen Personen treffen, und eine unangenehme und schädliche Erkältung veranlassen. Auf die beschriebene Art aber kann man den Zimmern mit geringen Kosten eine gleichförmige und mäßige Wärme geben, ohne auf einer Seite die Gesundheit ihrer Bewohner und das Einathmen einer stagnirenden oder faulen Luft in Gefahr zu setzen, und auf der andern ihnen Erkältungen und rheumatische Zufälle zu zuziehen. — In wärmern Ländern, oder im Sommer, wo nicht geheitzt wird, läßt sich gegen den gewöhnlichen Radventilator im Fenster nichts einwenden. Seine Einrichtung ist sehr einfach, und er ist ein sicheres und wirksames Mittel, die Luft der Zimmer in dieser Jahrszeit angenehm und gesund zu erhalten.

Einen andern sehr einfachen Ventilator hat Herr de l'Isle de St. Martin *) angegeben. Es wird nähmlich durch eine vertikale Röhre (fig. 15.) v t die Luft ausgeführt; a b c d ist die Mündung dieser Röhre, a b l p der untere, n m q der obere Hut; r ein Kasten, in welchem sich die untere Oeffnung der vertikalen Röhre v t endigt, mit Oeffnungen f, x versehen, welche durch Schieber bald mehr, bald weniger geöffnet werden können. Die Größe dieser Einrichtung

*) Journal de physique. Sept. 1788. Auch Gothaisches Magazin für das Neueste aus der Physik und Naturgeschichte. B. VI. St. 1. S. 81. f.

richtung richtet sich bloß nach der Oeffnung a b c d. Ha
man diese bestimmt, so erhält dadurch der untere Hut sein
Form, daß man b f = b l = $1\frac{1}{2}$ a b nimmt. Um die Größ
des obern Huts zu bestimmen, wird auf dem verlängerte
Durchmesser a b, b m = $1\frac{1}{4}$ a b, und b n = a b auf b m
senkrecht genommen. Dieser obere Hut wird durch vier
Streben, wie m o, an den untern befestigt. Befindet sich
der Kasten r im Zimmer, und die Röhre v t geht mit den
beyden Hüten in die freye Luft hinaus, so wird dadurch ein
beständiges Ausströmen der Luft aus dem Zimmer durch die
Röhre v t bewirkt. Auf solche Art steigt nähmlich die
wärmere und leichtere Luft des Zimmers durch v t auf, schlägt
gegen n an, und wird durch die Form der Hüte so abgelei-
tet, daß daraus ein Luftzug zwischen beyden Hüten entsteht.
Durch diesen Luftzug wird nach der Erklärung des Erfinders
der Druck der Atmosphäre auf die Oeffnung a b c d in etwas
geschwächt, welches verursacht, daß das Ausströmen der
elastischern Luft des Zimmers ununterbrochen fortdauert. Man
kann sich hiervon durch die Erfahrung überzeugen, wenn man
die Schieber ſ, x verschließt, in die Seite z ein offenes Rohr
einsetzt, und an dessen Ende eine Lichtflamme hält. Denn
wenn man alsdann durch Blasen einen Luftzug zwischen den
beyden Hüten bewirkt, so wird die Flamme sogleich in die
Oeffnung der Röhre hineingetrieben, welches ein deutlicher
Beweis des Einströmens der Luft ist.

Herr Parrot, Professor der Mathematik und Physik
hat die noch wenig bearbeitete Lehre der Ventilatoren mit
schätzbaren Untersuchungen bereichert [a]); er geht von dem
Grundsatze aus, auf welchem auch die von Cavallo ange-
führte Bemerkung herrührt: wenn ungesunde Luft fortge-
schafft, und an deren Stelle frische ersetzt werden soll, so
muß im Zimmer eine doppelte Röhre vorhanden seyn; eine
deren Mündung mit dem obersten Theile der Luft, und eine
zweyte, deren Oeffnung mit dem untersten derselben verbun-
de-

a) G. Fr. Parrot's zweckmäßige Luftreiniger theoretisch und praktisch
beschrieben. Frankf. am Mayn. 1793. 8.

den ist. Ein auffallendes Beyspiel von der Wirkung zweyer solcher Röhren, deren Mündungen in verschiedenen Höhen sind, gibt eine Lichtflamme, die man in eine offene Thür zwischen zwey Zimmern von verschiedener Temperatur stellt. Man wird einen doppelten Luftstrom in dieser Thür bemerken, der untere wird seine Richtung ins wärmere Zimmer haben, und der obere eine entgegengesetzte ins kältere. Die Richtung der Lichtflamme zeigt diese Ströme, je nachdem man sie tief oder hoch stellt. In der Mitte aber steht die Flamme senkrecht, als ob gar kein Strom weder unten noch oben Statt fände. Je höher und niedriger die Flamme gebracht wird, desto stärker ist der Strom. Vermöge dieses Angeführten thut P. den Vorschlag, in einem jeden Zimmer zwey Röhren oder Öffnungen anzubringen, welche mit der äußern Luft in Verbindung sind. Da es aber kommen kann, daß der Unterschied der eigenthümlichen Gewichte der innern und äußern Luft zu gering sey, um die verlangte Wirkung der beyden Röhren oder Oeffnungen zu erhalten, so unterstützt Parrot, um sie wirksamer zu machen, die abführende Röhre durch einen sogenannten Saugventilator, die zuführende Röhre aber durch einen Druckventilator.

Der Druckventilator hat mit dem von de l'Isle de St. Martin viele Aehnlichkeit. Es ist nähmlich (fig. 15.) c t eine an beyden Enden offene Röhre. Auf ihrer obern Mündung sitzt ein abgekürzter Kegel a b l p, welcher an seiner obern Fläche offen ist, und damit auf die Mündung der Röhre paßt. Gerade über diesem ist ein zweyter abgekürzter Kegel n m q, dem erstern gleich und ähnlich, so daß die untere Grundfläche des obern mit der obern des untern in einerley horizontalen Ebene liegt. Die untere Mündung der Röhre ist an einem überall genau verschlossenen Behältnisse r s, mit welchem sie verbunden ist, befestigt. Aus diesem Behältniß gehen Röhren in alle Zimmer in welchen die Luft gereiniget werden soll. Das ganze Behältniß wird im obern Theile des Hauses angebracht, und die Röhre c t muß so weit seyn, daß ihr Durchschnitt gerade doppelt so

viele Quadratzolle enthält, als Menschen sind, für welche die Maschine die Luft reinigen soll. In anderer Rücksicht muß ihre Mündung so groß seyn, als die Summe der Mündungen aller in die Zimmer gehenden Röhren. Ihre Länge ist so groß, daß die beyden Kegel über das Dach hervorragen, und so frey stehen, daß jeder benachbarte Gegenstand wenigstens 20 Fuß davon entfernt sey. Bläset nun der Wind zwischen m l hinein, so streift er auf der untern Kegelfläche über der Mündung der Röhre, und saugt die Luft aus derselben heraus, mithin auch aus den Leitröhren und Zimmern. Herr Parrot stellt nun auf Erfahrungen gegründete Untersuchungen über die Wirkungen des Windes an, wenn er in vorgeschriebenen Wegen auf eine schiefe Ebene stößt, und sucht daraus die fächerförmige Ausbreitung desselben (amplitudo reflexionis) zu bestimmen.

Der Kasten r s dient hauptsächlich dazu, damit man feste Punkte erhalte, um communicirende Röhren anzubringen. Die Entfernungen der Mündungen der Leitröhren von der Mündung t hängen von der Geschwindigkeit des Luftstroms ab. Herr Parrot zeigt, daß keine größere Geschwindigkeit als die von 1 Fuß in einer Sekunde nöthig sey, daher es hinreichend ist, wenn zur Breite und Länge des Kastens nebst dem Durchmesser von t c, und zur Höhe die Länge von 1 Fuß 1 Zoll nebst dem Durchmesser einer Leitröhre genommen werden. Die Mündung der Leitröhre selbst kömmt ein Zoll über den Boden des Kastens. Sollte eine Seite des Kastens frey von Röhren seyn, so muß diese Seite von der Röhre t c nur ein Zoll entfernt seyn. Uebrigens muß man nirgends ein Knie an den Leitröhren anbringen, sondern daselbst, wo etwa eine andere Richtung der Leitröhre nöthig wäre, einen Nebenkasten anbringen, dessen Dimensionen aber nur halb so groß sind, als bey dem Hauptkasten r s. Der Winkel, welchen die Seite des Kegels mit seiner Grundfläche macht, muß 24 bis 25 Grad betragen; der obere Durchmesser des Kegels ist alle Mahl der dritte Theil des untern. Der Raum zwischen beyden Kegeln ist in 8 Kam-

mern

mern abgetheilt, deren Wände den obern Kegel tragen, und verlängert durch die Axe der Röhre t c gehen; ihre Länge beträgt aber nicht mehr als die Hälfte des Halbmessers, womit die größere Grundfläche des Kegels beschrieben worden, oder $\frac{3}{4}$ von der Seite des Kegels. Auf solche Art ist die äußere Oeffnung jeder Kammer beynahe dem Durchmesser der kleinern Grundfläche des Kegels gleich. Bläset nun der Wind in die ihm entgegenstehende Kammer, so füllt er sie mit einem Strome, dessen Dichtigkeit gegen den Mittelpunkt immer zunimmt. Wo aber die Wände aufhören, wirkt dieser Strom durch Adhäsion, oder, wie sich Parrot ausdrückt, durch Friktion, und bringt daher über der Oeffnung a b eine Dilatation der Luft hervor. Die Oeffnung n des obern Kegels darf nicht unbedeckt bleiben, denn sonst würden nicht allein die obersten Windstrahlen ohne Saugung unbenutzt zur Oeffnung hinausgehen, sondern sie würden auch zwischen den Seitenflächen der Kegel einen Raum mit verdünnter Luft verursachen, wodurch der einströmende Luftstrom nicht gerade auf der Seitenfläche des untern Kegels fortgleiten könne, sondern über dieselben empor gehoben werde. Man verschließt daher die obere Oeffnung mit einer kreisförmigen Scheibe, welche von außen zum Ablaufen des Regens etwas erhaben gemacht werden kann. Was die Wirkung der Maschine betrifft, so berechnet Herr Parrot, daß die Geschwindigkeit, womit die Luft herausgezogen wird, sich zu der, mit welcher der Wind von außen zwischen die Kegel bläset, wie 2 zu 5 verhält. Mannigfaltige Versuche, die er mit Ventilatoren von allen Gattungen und Größen bis auf zwey Fuß im Durchmesser gemacht hatte, bestätigten diese Theorie.

Die Wirkung des Saugventilators würde aber bald aufhören, wenn die Luft, die er saugt, nicht augenblicklich wieder ersetzt wird. Zu dieser Absicht wäre nun schon eine bloße Oeffnung, ein Windrädchen oder eine Röhre, die in die freye Luft reicht, hinlänglich. Allein um die Wirkung der Saugmaschine zu vermehren, gibt Hr. Parrot einen eigenen

Druckventilator an, welcher eine gewisse Quantität frische Luft in den zu reinigenden Ort preßt. Hierzu wird ein Kasten mit den Leitröhren und der Röhre rc, wie im vorigen, angelegt, nur der Kopf wird so umgekehrt, daß die größern Grundflächen der Kegel sich aufwärts kehren; auch werden die Kegel etwas spitziger, und die Seitenfläche des obersten, wie die Oeffnung einer Trompete, krummlinicht gemacht. Der Durchmesser der kleinern Grundfläche ist hier nur $\frac{1}{4}$ des größern, auch sind die größern Grundflächen beyder Kegel gleich. Der Durchmesser der Röhre hat, wie bey dem Saugventilator, $\frac{1}{3}$ vom Durchmesser der größern Grundfläche. Zwischen beyden Kegelflächen werden hier 12 Windkammern angelegt. Zur Bedeckung gegen die üble Witterung dient ein kegelförmiges Dach, welches mit einer Rinne zum Aufenthalte des Regens und 6 Oeffnungen, wie Tagelöchern, versehen ist. Inwendig hängt diesen Oeffnungen gerade gegen über ein leichtes Bretchen frey an zwey Lederstücken, an welche der Wind beym Eintritt stößt, und dadurch gegen die untere Mündung gerichtet wird.

Herr Parrot gibt noch eine andere Saugmaschine an, wo ein mit der Kurbel gedrehetes Windrad gebraucht wird, welche aber hier weiter nicht beschrieben werden kann.

Im praktischen Theile seines Werks wird zuerst durch Versuche herausgebracht, daß die gesammte reine Luft, welche ein Mensch durch Athmen und Ausdünstung in einer Minute verbraucht, auf $\frac{1}{3}$ Cubikfuß zu rechnen ist; daß folglich der Saugventilator so viel fortschaffen, und der Druckventilator eben so viel liefern muß. Hierauf zeigt er ausführlich, wie man diese Maschine bey Wohngebäuden, französischen Caminen, Krankenhäusern, Gefängnissen, Kirchen, Schauspielhäusern, Schiffen, Bergwerken, Schornsteinen, und Reverber-Laternen brauchen kann.

Am Ende seines Werks bemerkt Parrot noch, daß er den ersten Gedanken zu seinem Luftreiniger aus einem französischen Werke: la théorie du feu etc. 1710. geschöpft, hingegen vom Herrn de l'Isle de St. Martin und seinem etwas

etwas ähnlichen Vorschlage vor Abfassung seiner Schrift nichts gewußt habe.

M. s. Beschreibung einer nützlichen Maschine des Herrn **Stephan Hales** im Hamburg. Magaz. B. II. S. 25. u. f. **Tiber. Cavallo** Abhandlung über die Natur und Eigenschaften der Luft a. d. Engl. Leipz. 1783. 8. S. 175. f. Gothaisches Magazin für das Neueste aus der Physik und Naturgeschichte. B. VI. St. 1. S. 81. f. B. IX. St. 4. S. 86. u. f.

Venus (Venus). Diesen Nahmen hat einer von den sechs Planeten erhalten, welche täglich ihren Stand gegen die übrigen Fixsterne ändern. Dieser Planet läßt sich sehr leicht am Himmel wegen seines ungemein glänzenden und lebhaften Lichts von allen übrigen unterscheiden. Mit einem besonders lebhaften Glanze erscheint uns die Venus, wenn sie der Erde nahe ist, so daß die Körper bey hinreichender Dunkelheit von ihrem Schein einen Schatten werfen. Indessen ist doch ihr Licht nicht funkelnd oder zitternd, wie das der Fixsterne. Die Venus entfernt sich von der Sonne nie über 48 Grad, und folgt daher derselben entweder nach ihrem Untergange, oder geht vor ihrem Aufgange voran, dieserwegen sie auch den Nahmen des **Abendsterns** und **Morgensterns** führt. Die Beschaffenheit des scheinbaren Laufs der Venus soll **Pythagoras** entdeckt haben. So sagt **Plinius** [α]): Praeueniens quippe solem, et ante matutinum exoriens, *Luciferi* nomen accipit, vt sol alter, diem maturans; contra ab occasu refulgens nuncupatur *Vesper*, vt prorogans lucem, vicemque lunae reddens. Quam naturam eius Pythagoras Samus primus deprehendit, Olympiade circiter XLII. qui fuit orbis Romae annus CXLII. **Tournefort** [β]) nimmt dieß bey Gelegenheit einer samischen Münze dafür an, als ob **Pythagoras** die Venus zuerst entdeckt habe. Allein es ist dieß von der Identität des Morgen- und Abendsterns zu verstehen; und selbst diese war für aufmerksame Beobachter des Himmels

α) Histor. natur. II. 8.

β) Voyage au Levant. Lyon 1717. Tom. II. lett. 10.

mels eine sehr leichte Entdeckung, welche lange schon vor Pythagoras ist gemacht worden.

Nach der größten Elongation der Venus auf der Abendseite der Sonne, da sie als Morgenstern am längsten sichtbar ist, geht sie alsdenn rechtläufig zur Sonne zurück, und kömmt hierauf mit ihr in die obere Conjunktion. Gerade um diese Zeit ist ihr Lauf am schnellsten; hiernächst bewegt sie sich mit abnehmender Geschwindigkeit gegen die Morgenseite der Sonne, und wird nun als Abendstern sichtbar. Nachdem sie nun auf solche Art abermahls die größte Elongation erreicht hat, steht sie nun kurze Zeit still, wird alsdenn rückläufig, und kehrt mit beständig wachsender Geschwindigkeit zur untern Conjunktion mit der Sonne zurück. Zu dieser Zeit sieht man sie bisweilen als einen schwarzen Flecken von Morgen gegen Abend vor der Sonnenscheibe vorüber gehen. M. s. Durchgänge. Hierauf geht sie wieder auf die Abendseite der Sonne zurück, wird Morgenstern, und setzt ihren Lauf mit abnehmender Geschwindigkeit bis zur größten Elongation fort, wo sie wieder still steht, und aufs neue rechtläufig wird. Einen solchen scheinbaren Umlauf vollendet sie binnen 584 Tagen, als eine beständige Begleiterinn der Sonne.

Daraus schließen schon die alten Astronomen ganz richtig, daß die Venus beständig um die Sonne läuft. Sie ist einer von den untersten Planeten, welche von der Sonne nicht so weit, als unsere Erde, entfernt sind, und deren Bahnen folglich von der Erdbahn umschlossen werden. Von der Sonne aus gerechnet ist sie der zweyte Planet. Ihre Bahn um die Sonne ist, wie die Bahnen der übrigen Planeten, elliptisch, und die Ebene derselben macht mit der Ebene der Ekliptik einen Winkel von 3° 23′ 20″.

Da also die Venus innerhalb der Erdbahn um die Sonne läuft, so muß sie nothwendig in Lagen kommen, in welchen sie ihre gegen die Sonne gekehrte Seite bald ganz, bald nur zum Theil gegen uns kehrt, bald ganz von uns abwendet. Wenn daher Venus ein für sich dunkler Körper ist, welcher seine Erleuchtung von der Sonne erhält, so muß sie uns bisweilen

weilen mit vollem Lichte, bisweilen nur zum Theil erleuchtet scheinen, bisweilen aber ganz dunkel aussehen. Das abwechselnde Licht der Venus ist wirklich schon durch mittelmäßige Fernröhre wahrzunehmen. M. s. Phasen.

Die Eccentricität der Venus ist sehr gering, indem sich ihre größte Entfernung von der kleinsten, ungefähr wie 73 zu 72 verhält. Ihre mittlere Entfernung beträgt $\frac{7}{10}$ (genauer 0,72333) der Entfernung der Erde. Es läßt sich also die Venusbahn ohne großen Fehler als ein Kreis betrachten, dessen Halbmesser $= \frac{7}{10}$ von dem Halbmesser der Erdbahn ist. Diese Bahn durchläuft sie binnen 224 Tagen 16 Stunden 49 Minuten 13 Sekunden.

Durch sehr lange Fernröhre nimmt man auf der Venus Flecken wahr, aus deren Bewegung sich eine Umdrehung der Venus um ihre Axe schließen läßt. Dominicus Cassini sahe sie zuerst im Jahre 1666. in Italien, und schloß daraus die Umdrehungszeit der Venus = 24 Stunden; dagegen glaubt aber Bianchini α) vermöge seiner durch ungemein lange Fernröhre sehr sorgfältig angestellte Beobachtungen diese Zeit auf 24 Tage zu setzen. Der jüngere Cassini β) hat seinen Vater gegen den Bianchini vertheidigt. Die kaiserl. petersburgische Akademie der Wissenschaften setzte zwey Mahl einen Preis darauf, die Bewegung der Planeten um ihre Axen, besonders der Venus durch Beobachtungen zu bestimmen. Sie hat aber keine erhalten: selbst nicht aus Italien. Außer Italien sind sonst keine Flecken an der Venus gesehen worden, und selbst Dominicus Cassini hat sie zu Paris nicht wieder gesehen. Ob es also gleich unentschieden blieb, welches die wahre Zeitdauer der Umwälzung der Venus um ihre Axe sey, so haben auch die meisten Astronomen Cassini's Bestimmung für richtiger gehalten. Endlich ist dieser fast ein ganzes Jahrhundert hindurch gedauerte Streit über die Umwälzungszeit der Venus durch Herrn Schröter in

N 5 Lilien-

α) Hesperi et Phosphori noua phaenomena. Romae, 1728. Fol. cap. V. p. 50.

β) Elemens d'astronomie. L. I. cap. 7.

Lilienthal ziemlich entscheidend zum Vortheil der Cassinischen Angabe beygelegt worden *). Herr Schröter hat jedoch diese Zeitperiode nicht aus Beobachtung der Flecken, sondern vielmehr aus den Gestalten des südlichen und nördlichen Horns geschlossen. Zu der Zeit, da die Venus am weitesten von der Sonne absteht, und entweder als Morgen- oder Abendstern gesehen wird, und überdieß die Gestalt des Mondes in seinen Vierteln hat, zeigen die beyden Hörner veränderliche Gestalten, ungefähr nach 24 Stunden aber kommen immer die nähmlichen Gestalten wieder zum Vorschein. Seine Beobachtungen fallen in den Zeitraum vom 11. Dec. 1791. bis 11. Jan. 1792. Das südliche Horn erschien von Zeit zu Zeit nicht wie das nördliche, spitzig, sondern beträchtlich abgerundet, und zeigte sich auch mit einem einzelnen, in der Nachtseite erleuchteten Berggipfel. Nach etwa 2 Stunden verlor es seinen Schatten, und ward wohl noch spitziger als das nördliche, und seine abgerundete Gestalt erschien täglich ungefähr eine gute halbe Stunde früher, welches auf eine Umwälzung von $23\frac{1}{2}$ Stunden schließen ließ. Am 30. Dec. 1791. Morgens 8 Uhr erschien das südliche Horn genau aber so stark abgerundet, und mit einem isolirt in der Nachtseite erleuchteten Berggipfel, wie es zwey ganzer Jahre vorher, am 28. Dec. 1789. Abends 5 Uhr erschienen war. Die um 731 Tage 15 Stunden von einander entfernten Beobachtungen geben genau 752 Revolutionen, wenn jede zu 23 Stunden 20 Minuten 59,4 Sekunden genommen wurde, wofür Herr Schröter 23 Stunden 21 Minuten annimmt, die auch mit mehreren Resultaten aus andern Zwischenzeiten bis auf eine Kleinigkeit übereintrifft.

Diese von Herrn Schröter bestimmte Zeitperiode ist besonders dieserwegen merkwürdig, weil sie auf einem ganz andern Wege als Cassini's und Bianchini's ihre gefunden worden, und gleichwohl eine so genaue Uebereinstimmung

*) Cythereographische Fragmente, oder Beobacht. über die sehr beträchtlichen Gebirge und die Rotation der Venus. Erfurt 1793. 4.

mung mit der Cassinischen hat, für welche letztere schon Cassini der Sohn erinnerte, daß die Flecken, aus welchen Bianchini seine Umwälzung von 24 Tagen 8 Stunden gefolgert hat, unterschiedene gewesen seyn könnten, und daß sich unter dieser Voraussetzung Bianchini's Beobachtungen mit einer Periode von 23 Stunden 22 Minuten vergleichen ließen, welche von Herrn Schröter nur um 1 Minute verschieden wäre. Herr Kästner bemerkt, daß die Methode, die Umdrehungszeit durch Beobachtungen der Flecken auf der Venus deßwegen vielleicht nicht habe gelingen wollen, weil dazu eine besondere Heiterkeit der Luft gehören möchte. Diese Bemerkung scheint dadurch bestätiget zu werden, daß Herr Schröter zu seiner Bestimmung nicht die Flecken, sondern einen ganz andern Umstand gebraucht hat. Herr Herschel *) hat zwar gegen einiges in Herrn Schröters Schrift Vorgetragene Erinnerungen gemacht; allein es ist doch nunmehr gewiß, daß sich Bianchini geirrt habe.

Herr Schröter hatte schon aus seinen ersten Beobachtungen geschlossen, daß der Aequator der Venus eine beträchtliche Neigung gegen die Ekliptik habe, und die Pole von dem Hornspitzen ziemlich entfernt liegen müssen. Im Jahre 1793. hat sich nicht allein durch mehrere und genauere Beobachtungen die Rotation der Venus bestätiget, sondern auch eine Libration derselben sich ergeben. Es zeigte sich nähmlich am 26. Febr. das nördliche Ende der Erleuchtungsgränze abgerundet, das südliche hingegen mit einer deutlichen abgetheilten, etwas hervorragenden Spitze. Dieses verlor sich allmählich so, daß das südliche Ende nach zwey Stunden eben so abgerundet, als das nördliche erschien. Am folgenden Tage bemerkte er das Nähmliche etwa um 40 Minuten früher. Bey andern Digressionen der Venus von der Sonne aber zeigte es sich nicht, zum Beweise, daß nicht immer einerley Theile der Venusfläche bey ihrer Umdrehung in die sichtbare Hälfte kommen.

Was

*) Philosoph. Transact. Vol. LXXXIII. P. II.

Was den scheinbaren Durchmesser der Venus betrifft, so wird dieser wegen der verschiedenen Entfernung von der Erde sehr veränderlich gefunden. Bey den Durchgängen durch die Sonnenscheibe, da sie der Erde am nähesten stand, hat man ihn größer als 1 Minute, im vollen Lichte aber hinter der Sonne, da sie von uns am weitesten absteht, nur 9 Sekunden gefunden. In der größten Elongation von der Sonne, wo sie weniger als zur Hälfte erleuchtet erscheint, beträgt ihr Durchmesser 39 Sekunden. Die Größe der Venus hat man immer etwas kleiner als die unserer Erde angenommen. So setzt de la Lande den Durchmesser der Venus = $\frac{24}{25}$ des Erddurchmessers. Herschel aber gibt die Venus in den Transactionen für 1739. etwas größer als unsere Erde an.

Die Dichtigkeit und die Masse der Venus lassen sich nicht genau bestimmen, weil die Fehler der Messungen des scheinbaren Durchmessers und die Störung, welche sich schwerlich in Rechnung bringen läßt, einen großen Einfluß auf die Bestimmungen dieser beyden Stücke habe. Herr de la Lande, welcher annimmt, daß sich die Dichten der Weltkörper, wie die Quadratwurzeln ihrer mittleren Bewegungen um die Sonne verhalten, setzt diesem zu Folge die Dichte der Venus = 1,275, wenn die Dichte der Erde = 1 gesetzt wird. Hieraus mit dem körperlichen Raume zusammengenommen, folgt ihre Masse = 1,1256 der Masse der Erde, und der Fallraum der Körper auf der Oberfläche der Venus = 18$\frac{1}{2}$ Fuß in einer Sekunde. In den Wiener Ephemeriden für 1794. findet sich über die Masse der Venus eine ausführliche Abhandlung vom Herrn Triesnecker, in welcher dieselbe nach einem Mittel aus mehreren Angaben = 1,0559 gegen die Masse der Erde = 1 gesetzt wird. Nach la Place Bestimmungen aber wäre die Masse der Venus gegen die der Erde = 1 genommen = 1,1616.

Wenn man die mittlere Entfernung der Sonne von der Erde (24260 Erdhalbmesser) in 1000 Theile theilet, so steht Venus in der Sonnenferne um 728, in der Sonnennähe um

713 solcher Theile von der Sonne ab. Ihre kleinste Entfernung von der Erde, wenn sie in der untern Conjunktion und Sonnenferne, die Erde aber in der Sonnennähe ist, macht 983 — 728 = 255 Theile; die größte, wenn sie in der obern Conjunktion und Sonnenferne, die Erde aber auch in der Sonnenferne ist, 1017 + 728 = 1745 Theile aus. Beyde verhalten sich zu einander beynahe wie 1 : 7, daher auch der scheinbare Durchmesser der Venus in der untern Conjunktion fast sieben Mahl größer ist, als in der obern.

Ihre geringste Entfernung von der Erde beträgt 6720, und ihre größte 41800 Erdhalbmesser.

Uebrigens beweisen die schon erwähnten Flecken, welche **Cassini**, **Bianchini** u. a. wahrgenommen haben, daß ihre Oberfläche ungleich sey. **De la Hire** [α]) beobachtete auf ihr durch ein Fernrohr, das 90 Mahl vergrößerte, Ungleichheiten, die er größer als die Mondsberge schätzt. Auch Herr **Schröter** [β]) stellt etwas einem Flecken ähnliches auf der Fläche der Venus dar, welches aber sehr undeutlich begränzt ist. Aus den auf selbiger beobachteten abstehenden Lichtpunkten aber hat er Höhen der Venusberge von 4,2 geographischen Meilen, und nachher von 5,6 geographischen Meilen oder 21360 Toisen geschlossen.

Seit 1780. hat schon Herr Schröter, noch mit achromatischen Fernröhren, einen starken Abfall des Lichts im Ab- und Zunehmen an der Venus bemerkt, und daraus auf eine Atmosphäre derselben geschlossen. Das Licht der sichelförmigen Venus war beständig am äußern Rande am stärksten, fiel von da bis zur Lichtgränze mehr ab, und schien unmittelbar an dieser Gränze so schwach, daß es sich gewöhnlich in einer matten bläulichgrauen Farbe verlor. In der Folge fand er bey mehrerer Aufmerksamkeit deutliche Kennzeichen einer Dämmerung, welche sich, wenn man den Halbmesser der Venus = 834 geographische Meilen setzt, von der Erleuchtungsgränze senkrecht über einen Flächenstrich von 67 Meilen

α) Mémoir. de l'Academ. roy. des scienc. de Paris. 1700.
β) Selenatograph. Fragm. Taf. XLII. fig. 8.

Meilen in die Nachtseite erstreckt. Daraus findet er den untern dichtern Theil der Venusatmosphäre, von welchem diese Dämmerung herrührt, 2526 Toisen hoch, jedoch mit der Unsicherheit, daß wir den Betrag der dortigen Strahlenbrechung nicht kennen, auch, wie bey der Erde, nicht wissen, ob die Dämmerung von einmahliger oder mehrmahliger Reflexion herrührt[α]).

In einem Aufsatze in den englichen Transactionen[β]) lehrt Herr Schröter die Methode, die Entfernung des Dämmerungskreises von der Lichtgränze zu bestimmen. Das Dämmerungslicht verliert sich nähmlich auf der Venus nur allmählich bis in Hornspitzen, deren Sehne vom Venusrande weiter als um den Halbmesser absteht; diese Sehne begränzt die Projektion des Dämmerungskreises, und auf diese Art läßt es sich begreifen, wie durch Sphärik die wahre Entfernung des letztern aus dem Verhältnisse des beobachteten Abstandes der Sehne zum scheinbaren Halbmesser gefunden werden könne. Herr Schröter gibt die Entfernung des Dämmerungskreises in den Transactionen 4° 35′ 34″ bis 4° 36′ 28″ an; die Vergrößerungen waren aber nur schwach, auch hatte er nicht gerade die Zeitpunkte benutzt, in welchen die Dämmerung am stärksten ist, welches die nächsten Tage vor und nach der untern Conjunktion sind.

Neuere Beobachtungen mit stärkern Vergrößerungen zur Zeit der untern Conjunktion am 2ten Jan. 1795. gaben die Entfernung des Dämmerungskreises größer[γ]). Am 17ten Dec. 1794. ward der scheinbare Durchmesser der Venus = 56″, die Entfernung der Sehne = 34″ gefunden: daraus findet sich die Entfernung des Dämmerungskreises = 6° 33″ 50″. Herr Schröter bemerkt, daß man nur solche Beobachtungen vergleichen dürfe, welche mit einerley Werkzeuge und gleichen Vergrößerungen angestellt sind. Das Resultat von allen

α) Götting. gelehrte Anzeig. 1792. St. 77. u. 86.
β) Vol. LXXXII. auch götting. gelehrte Anzeig. 1793. S. 1058.

ellen ist, daß man im Durchschnitt die Horizontalrefraktion in der Venus etwa auf 30′ 34″ setzen könne.

Auch Herr Herschel *) hat die größere Helligkeit der Venus gegen den äußern Rand wahrgenommen, und daraus auf eine dichte Atmosphäre derselben geschlossen, welche das Licht nach verschiedenen Richtungen reflektire und breche. Hieraus muß an den Stellen, wo man auf diese Atmosphäre in schiefer Richtung sieht, nothwendig die Erscheinung eines hellen Randes entstehen. Eben deßwegen sind auch so selten Flecken auf der Venus zu entdecken, weil die Materie der Atmosphäre das Licht auffängt.

Von einem angeblichen Trabanten der Venus s. m. den Artikel, **Nebenplaneten.**

Die Astronomen bezeichnen die Venus mit ♀.

M. s. **Bode** kurzgefaßte Erläuterung der Sternkunde, an verschiedenen Stellen. **Kästner** Anfangsgründe der angew. Mathematik. 4te Aufl. Astronomie. §. 192. u. f. Gothaisches Magazin für das Neueste aus der Physik und Naturgeschichte. B. VIII. St. 2. S. 167. f. B. IX. St. 1. S. 179.

Vera's hydraulische Maschine, Funicularmaschine (machina hydraulica funicularis, machine hydraulique de Mr. Vera). Um das Jahr 1780. erfand Herr Vera in Frankreich eine eigene Einrichtung, mittelst eines Seils ohne Ende Wasser in großer Menge und mit geringen Kosten auf eine beträchtliche Höhe zu heben. Er übergab der königlichen Akademie der Wissenschaften zu Paris ein Modell seiner Maschine, worüber die zur Untersuchung ernannten Commissäre einen sehr vortheilhaften Bericht über diese Erfindung abgestattet haben.

Die Einrichtung dieser Maschine ist folgende: ein großes Rad (fig. 16) t, welches am Umfange einen Einschnitt hat, um eine Schnur ohne Ende darum zu legen, wird an einem eigenen Gestelle so angebracht, daß es mittelst einer Kurbel oder dergleichen um seine Axe in einen schnellen Umlauf gebracht werden kann. Das Seil ohne Ende geht über eine

*) Philosoph. Transact. Vol. LXXXIII. P. II.

eine kleine Rolle oder über einen Würtel, welcher in der Figur von dem Gestelle verdeckt ist. An der Axe dieses Würtels steckt eine in einem eigenen oben gewölbten Gehäuse c ganz unbewegliche Rolle a; eine andere eben so große unbewegliche Rolle b befindet sich im Wasserbehälter r; um beyde Rollen a und b ist ein Seil ohne Ende fg gelegt. Mit der Umdrehung des Rades t kommen nun die beyden Rollen a und b in Umlauf, und dadurch zugleich das Seil ohne Ende fg in eine schnelle Bewegung. Der aufsteigende Theil dieses Seils nimmt nun allezeit eine gewisse Menge Wassers mit sich, welches sich rund herum um das Seil anlegt, und gleichsam eine Schale bildet, wovon das Seil den Kern ausmacht. Die gehobene Wassermenge hängt bloß von der Dicke des Seils und der Geschwindigkeit der Bewegung ab.

Das Gehäuse c hat im Boden zwey Oeffnungen, durch welche das Seil fg hindurchgeht. Das gehobene Wasser schlägt an das obere Gewölbe an, und wird von da aus durch die Röhre d in das Behältniß e geleitet.

Die Ursache der Erhebung des Wassers an dieser Maschine ist bloß in der Adhäsion des Wassers mit den Fäden, aus welchen das Seil verfertigt ist, zu suchen. Nachdem sich nähmlich dieses an das Seil angelegt hat, kommt die schnelle Bewegung des Seils hinzu, welche verursacht, daß das angelegte Wasser nicht sogleich wieder ablaufen kann. Der nähmliche Erfolg würde Statt finden, wenn statt des Seils eine eiserne Kette angewendet würde; denn alsdenn würde sich das Wasser in die Gelenke derselben legen, und durch die schnelle Bewegung mit in die Höhe gehoben werden.

Um mehr Wasser in die Höhe zu bringen, hat man den Vorschlag gethan, statt eines Seils mehrere anzuwenden; die Erfahrung hat auch, wenigstens in Modellen, gelehrt, daß durch Verdoppelung des Seils fast doppelt so viel Wasser gehoben wird. Zu dieser Absicht erhalten die beyden Rollen a und b doppelte Einschnitte, worin zwey von einander unabhängige Seile ohne Ende eingelegt werden, welche mit einander parallel laufen, und nicht viel weiter als um die

Größe

Größe ihres Durchmessers aus einander abstehen. In einem solchen Falle erhebt sich eine ganze Wassersäule zwischen den beyden parallel gehenden Seilen. Noch mehrere Seile zu gebrauchen, würde im Großen wegen des Gewichts der Wassersäule nicht anzurathen seyn. Ein Strick von 21 Linien im Umfange hob in $7\frac{3}{4}$ Minuten 250 Pinten Wasser auf eine Höhe von 63 Fuß. **Vera** gibt den Stricken aus Genist (Spartium Lin.) den Vorzug, weil sie sich länger im Wasser, ohne zu faulen, erhalten.

Im Jahre 1788. setzte die königliche Societät der Wissenschaften zu Göttingen einen Preis auf die Entwickelung der Theorie und vortheilhafteste Einrichtung dieser Maschine [α]); sie erhielt aber nur eine einzige Abhandlung, welche der vorgeschriebenen Absicht nicht ganz entsprach. Hierbey werden Experimentaluntersuchungen angeführt, welche **Deparcieux** [β]) darüber angestellt, und dadurch seiner Meinung nach erwiesen habe, daß diese Maschine weniger leiste, als alle bisher bekannte hydraulische Maschinen, selbst die Eimermaschine an den gewöhnlichen Ziehbrunnen nicht ausgenommen. Der Ritter **Marsilio Landriani** hat eine verbesserte Einrichtung dieser Maschine angegeben, welche man im Gothaischen Magazin. B. II. St. 2. S. 69. beschrieben findet.

Der Nahme Funicularmaschine, welchen man dieser Erfindung beygelegt hat, bezeichnet sonst in der Mechanik **Varignon's** einfache Seilmaschine. M. s. **Potenzen**, mechanische (Th IV. S. 35.)

Herr D **Vanel** [γ]) hat noch eine andere der vorigen sehr ähnliche hydraulische Maschine angegeben, wobey nicht so viele Seile nöthig sind, und auch nicht leicht Schaden und Aufenthalt leidet. Sie ist sehr einfach und hebt das Wasser über 80 Fuß hoch.

M. s.

α) Götting. gelehrte Anzeig. Jahrg. 1786. St. 196. S. 2041.
β) S *Berthollet* mechanique appliqué aux arts et aux manufact. à Paris 1782. Vol. II. 4.
γ) Histoir. et mémoir. de la societé des scienc. phys. de Lausanne. Tom II. 1784–1785. 4.

M. s. Gothaisches Magazin für das Neueste aus der Physik und Naturgeschichte. B. I. St. 3. S. 95. f. Abel Bürja Grundlehren der mechanischen Wissenschaften. Th. I. Berlin 1790. 8. Hauptst. II. §. 8.

Verbrennung, das Verbrennen (combustio, combustion) heißt eine gänzliche Zersetzung verschiedener Körper durchs Feuer, beym Zutritte der reinen oder atmosphärischen Luft. Es ist eine ganz allgemein bekannte Erfahrung, daß eine sehr große Menge von Körpern, welche entweder einer Lichtflamme oder dem Kohlenfeuer, oder sonst einem hinreichenden Grade der Hitze ausgesetzt werden, an der freyen Luft glühen, und zuletzt in wirkliche Flamme ausbrechen, wodurch ihre vorige Zusammensetzung zerstört, ein großer Theil ihrer Substanz in Dampf aufgelöset, und der Rückstand in Asche verwandelt wird. M. s. Flamme, Rauch, Asche. Das Merkwürdigste beym Akt des Verbrennens ist dieß, daß bey der einmahligen angefangenen Operation das Feuer aus den Körpern selbst entwickelt wird, ohne einer weitern Mittheilung desselben zu bedürfen. Dieß hat die Veranlassung gegeben, in den brennbaren Körpern etwas anzunehmen, was ihnen diese Fähigkeit ertheilt. Was aber dieß Etwas sey, darüber hat man von jeher verschiedene Meinungen gehabt. Becher nahm zuerst ein eigenes Wesen an, das die Ursache der Fähigkeit zum Brennen in den verbrennlichen Körpern wäre, und Stahl erläuterte den Begriff von diesem Wesen näher, und nannte es **Phlogiston, brennbares Wesen, entzündlichen Grundstoff**. Das Stahlische Phlogiston ward mit allgemeinem Beyfall aufgenommen, und hat beynahe ein ganzes Jahrhundert hindurch Vertheidiger gefunden. Unter dieser Voraussetzung kann man also die Verbrennung als eine Entbindung des Phlogistons aus den verbrennlichen Körpern durch die Wirkung des Feuers betrachten.

Indessen hat man sich von dem Phlogiston gar sehr verschiedene Begriffe gemacht, bald dachte man es sich in einer erdichten Form, und glaubte, daß es das Elementarfeuer, oder den Wärmestoff, oder die Lichtmaterie gebunden enthielte;

hielte; bald hielt man es für bloß reine gebundene Wärmematerie; bald in gewisse Zellen des Körpers eingeschlossen, nach deren Zerreissung es frey werde, und so Feuer hervorbringe; bald für einen mit den übrigen ungleichartigen Bestandtheilen der verbrennlichen Körper innigst und chemisch verbundenen, und davon aufgelösten Bestandtheil. M. s. **Brennstoff**.

Erst in den neuern Zeiten hat man mehr auf die Umstände Acht gehabt, welche bey dem Verbrennen der verbrennlichen Körper, und folglich bey der Entwicklung des Feuers aus denselben zugegen sind; auf den Einfluß, welchen die Luft dabey hat, und auf die Veränderungen, die sie dabey erleidet. Zur Entzündung eines jeden verbrennlichen Körpers ist eine vorhergehende Erhitzung nöthig, welche nach der verschiedenen Natur derselben größer oder geringer seyn muß, und entweder durch Aussetzung des Körpers in diese höhere Temperatur, oder durch Reiben, oder auch wohl durch innere Bewegungen, z. B. durch Gährung und Fäulniß gewisser Stoffe erhalten wird. M. s. **Selbstentzündung**. Wenn aber einmahl der Anfang gemacht, und der freye Zugang der atmosphärischen Luft vorhanden ist so dauert die Verbrennung von selbst bis zur gänzlichen Zersetzung des Körpers fort, und es entwickelt sich dabey durch Glühen und Flamme eine solche Menge von Wärmestoff, daß nahe dabey sich befindliche brennbare Körper ebenfalls in Brand gerathen und dadurch aufgezehrt werden.

Das erste Hauptgesetz bey der Verbrennung ist dieses, daß sie schlechterdings den Zugang der respirablen Luft erfordert, und daß sie um desto lebhafter geschiehet, je reiner die Luft ist, und je mehr ihr Zugang befördert wird; und daß der reinere Theil der Luft auf die Verbrennung verwendet, oder durch dieselbe verzehrt wird. Dieß Gesetz findet man durch alle Versuche bestätigt, welche mit brennenden Kerzen, brennendem Phosphor, Schwefel u. dergl. unter gläsernen Glocken im pneumatisch chemischen Apparate angestellet werden, und unter den Artikeln, **Gas, phlogistisirtes**,

tes, **Phosphorus**, **Schwefel** angeführt sind. Alle diese beweisen unwidersprechlich, daß durchs Verbrennen der verbrennlichen Körper in der atmosphärischen Luft der reinere Theil verzehrt, und der übrige Theil unter dem Nahmen der **phlogistisirten Luft** (Stickluft) zurückgelassen wird, daß das Verbrennen unter Glocken aufhört, wenn der reinere Theil der darunter befindlichen aufgezehrt ist, und daß daher zu jeder Verbrennung eine bestimmte Menge von Lebensluft erfordert werde. Noch mehr bestätigt sich dieß dadurch, weil die Verbrennung in der durch die Kunst bereiteten ganz reinen Luft in einem ungemein hohen Grade befördert wird. M. s. **Gas, dephlogistisirtes.**

Flüssige Körper brennen daher, selbst die entzündlichsten, als Weingeist, ätherische Oehle u. s. f. nur auf ihrer Oberfläche, mit welcher sie die Luft unmittelbar berühren. Dagegen brennen die in Dampf verwandelten Körper, welche in dieser Form von allen Seiten mit Luft umgeben sind, sehr schnell und mit einem Mahle ab. Eben dieß ist auch die Ursache, warum gewisse sehr brennbare Körper, als z. B. fette Oehle, Talg, u. dergl. nicht eher brennen, als bis sie zur Verdampfung erhitzt werden, weil sonst ihre Zähigkeit den Zutritt der Luft zu den in Feuer zu setzenden Theilen abhält, und die Flamme erstickt.

Hieraus läßt sich nun sehr leicht von selbst schließen, daß man zur Beförderung der Verbrennung so viele Theile des verbrennlichen Körpers als möglich, der Luft aussetzen, und die den Körper berührende Luft von Zeit zu Zeit erneuern müsse, worauf sich die Wirkung der Gebläse und der Zugöfen gründet.

Auf die Veränderung der Luft, welche sie beym Akt des Verbrennens erleidet, ist man erst seit **Priestley's** Untersuchungen über die Gasarten aufmerksam geworden. Sonst glaubte man, die Luft sey als ein bloßes Mittel zu betrachten, welches die wässerigen Theile der Flamme auflöse und fortführe, oder durch seinen mechanischen Druck die Flamme selbst zusammenhalte; allein jetzt wurde an ihr ein zur Verbrennung

brennung wesentliches chemisches Zwischenmittel entdeckt, welches bey dieser Operation selbst zersetzt wird, und dessen Bestandtheile in andere Verbindungen eingehen. Diese Entdeckungen mußten nun nothwendig auch neue Meinungen und Erklärungsarten über die Entstehung des Feuers zur Folge haben.

Nach Scheele *) erfolgt die Verbrennung der verbrennlichen Körper so: das Phlogiston des verbrennlichen Körpers wird in eine solche Bewegung versetzt, daß es die in der Atmosphäre befindliche reinere Luft (Scheele'ns Feuerluft) anzieht, und sich mit selbiger zu einem Stoffe vereinigt, welchen man Hitze nennt. Verbindet sich diese Hitze mit noch mehrerem Phlogiston, so entsteht dadurch eine umherstrahlende Hitze, und endlich auch Licht. Alle diese erzeugten Stoffe sind auch vermögend, durch die Körper zu gehen und zu entweichen. Auf solche Art werden also nach und nach alle brennbaren Theile des Körpers mit Feuerluft zu Hitze verbunden und zerstreuet. Der Rückstand der atmosphärischen Luft, worin die Verbrennung geschehen ist, ist zum Theil phlogistisirte Luft, zum Theil aber Luftsäure. Erstere war als Bestandtheil in der atmosphärischen Luft, letztere hingegen wird aus den verbrennlichen Substanzen, besonders des Pflanzenreichs, als Bestandtheil derselben, eben so entbunden, wie bey der Verbrennung des Phosphors und Schwefels die Phosphor- und Schwefelsäure entbunden wird. Wenn man aber auch wirklich ein Phlogiston, einen Brennstoff, in den verbrennlichen Körpern annimmt, so lassen sich doch verschiedene nicht ungegründete Einwürfe gegen Scheele'ns Theorie machen. Vors erste ist nicht einzusehen, wie das Phlogiston und die Feuerluft, die für sich die Gefäße nicht durchdringen, in ihrer Verbindung eine solche Hitze geben sollen, welche durch alle Körper geht und auf solche Art entweicht; und zweytens müßte nothwendig, wenn das Phlogiston mit der Feuerluft davon ginge, eine Ver-

*) Chemische Abhandlung über Luft und Feuer. Neue Ausgabe. Leipz. 1782. 8. S. 76.

minderung am Gewichte des Ganzen in eingeschlossenen Gefäßen Statt finden, welche aber keines Weges erfolgt; und endlich ist nicht wahrscheinlich, daß Licht und Hitze aus einerley Bestandtheilen zusammengesetzt seyn sollten.

Indessen hatte **Lavoisier** [α]) das Stahlische Phlogiston bestritten, und es als ein Unding erklärt. Dieser sucht vielmehr den Grund der Verbrennung in der reinen Luft, welche aus dem Wärmestoffe und einem säuremachenden Stoffe (Sauerstoffe) zusammengesetzt ist. Wenn nähmlich ein hinlänglich erhitzter Körper diese Luft berührt, so bemächtigt er sich des säuremachenden Stoffs, und erzeugt mit demselben eine eigene, seiner Natur gemäße, Säure, z. B. mit dem Phosphor, Phosphorsäure, mit dem Schwefel, Schwefelsäure, mit der Kohle, **Kohlensäure** u. s. f. Der dadurch frey gewordene Wärmestoff aber verflüchtigt alle durch ihn auflösliche Substanzen, und zeigt sich durch Hitze und Licht, als Flamme.

Nach **Crawford's** [β]) Theorie werden das Phlogiston und das Feuer (absolute Wärme) als zwey entgegengesetzte Stoffe betrachtet, welche einander wechselsweise austreiben. Freyes Feuer wirkt auf alle Körper, welche Phlogiston enthalten, als Auflösungsmittel. Die reine Luft enthält eine Menge Feuer in sich, welches entweicht, indem sie sich mit dem aus dem brennenden Körper entwickelten Phlogiston verbindet. Wenn also brennbare Körper bis zum Entzünden erhitzt, oder vom freyen Feuer durchdrungen sind, und ein freyer Zugang der respirablen Luft verstattet ist, so entbindet sich ihr Phlogiston, und wird von der Luft angezogen, welche dagegen ihr Feuer fahren läßt, und dadurch die Zersetzung der Körper unterhält. Da überdieß die Körper nicht alle aus

α) Mémoir. sur la combustion en général in den mémoir. de l'Acad. de Paris 1777. p. 592. Deutsch in Crells neuesten Entdeck. Th. V. S. 188.

β) Experiments and obseruations on animal Heat and the Inflammation of combustible bodies. Lond. 1779. 8. Ab. Crawford's Versuche und Beobachtungen über die thierische Wärme und die Entzündung brennbarer Körper, mit W. Morgan's Erinnerungen wider die Theorie des H. C. Leipz. 1781. 8.

aus der Luft sich entwickelte Wärme aufnehmen können, so entsteht aus dem übrigen Reste der Wärme die heftige Hitze und das Licht, welches beym Verbrennen Statt findet.

In einer neuen Ausgabe seines Werks *) hat Herr **Crawford** viele Zusätze und Abänderungen seiner Versuche bekannt gemacht, durch welche er jedoch die ihm gemachten Einwürfe nicht allein nicht gehoben, sondern noch überdieß seine neue Theorie andern Einwendungen ausgesetzt hat.

Er behauptet, daß die Bindung der freyen Wärme in Körper, welche gegen die Wärme eine große Capacität besitzen, als keine wahre chemische Verbindung anzusehen sey. Den Satz, daß die Capacitäten der Körper gegen Wärme durch Verbindung mit Plogiston vermindert, und durch den Verlust des letztern vermehrt werden, drückt er nun so aus:

Die comparativen Quantitäten der Wärme in Körpern, von welchen vorausgesetzt wird, daß sie Phlogiston enthalten, wachsen durch die Veränderungen, welche diese Körper beym Verkalken und Verbrennen erleiden.

Da außerdem seit der ersten Ausgabe seiner Schrift die Wassererzeugung aus brennbarer und reiner Luft bekannt geworden war, so nimmt Herr **Crawford** nunmehr an, daß Oehl, Wachs, Talg und die meisten entzündlichen Substanzen eine doppelte Art von brennbarer Luft enthalten, wovon die eine Art der leichtern entzündlichen Luft der Metalle, die andere aber der schwerern ähnlich sey, welche man durch trockene Destillation aus den Pflanzen gewinnt. Diese erstere erzeuge durch Verbrennung mit Lebensluft Wasser, die andere hingegen fixe Luft. Auch weichen die Resultate, so wie sie in der neuern Ausgabe angegeben werden, oft sehr weit von den vorigen Angaben ab. So wird z. B. in der neuern Ausgabe das Verhältniß der comparativen Wärme des Wassers und der atmosphärischen Luft, wie 1 : 1,796 gesetzt, da es in der ersten Ausgabe wie 1 : 18,673 angegeben war. Solche beträcht-

*) Experim. and. observ. on animal Heat and the Inflammation of combustible bodies, the 2d. edit. Lond. 1788. 8. Uebers. durch Veranstaltung Herrn Crells. Leipz. 1789. 8.

beträchtlich von einander abweichende Verschiedenheiten können kein günstiges Urtheil über die gebrauchten Methoden der Untersuchung erwecken.

Herr Gren *) hat Crawford's Theorie in dieser neuen Gestalt einer nähern Prüfung unterworfen, und derselben verschiedene Einwendungen entgegengesetzt. Zuerst hält er es für einen bloßen Wortstreit, wenn die chemische Verbindung durch Wärmematerie mit den Körpern bestritten, und gleichwohl angenommen wird, daß beyde eine solche Vereinigung mit einander eingehen, welche die Wärmematerie ihrer eigenthümlichen Wirkungen im freyen Zustande beraubt. Dieß wolle eben so viel sagen, als was man sonst unter Bindung oder chemischer Verbindung verstehe, und bleibe das nähmliche, wenn es gleich unter dem Nahmen einer größern Capacität, oder mehrerer specifischen Wärme versteckt werde. Ferner hält Herr Gren für unerwiesen, daß Licht und Wärme von einerley Stoff herrühren, und mit Licht begleitete Wärme bloß in einer Anhäufung der Wärmematerie bestehe. Besonders tadelt er aber drittens, daß Crawford bey seinen zur Bestimmung der comparativen Wärmen angestellten Versuchen oft Körper vermischt, welche sich auflösen, und durch wechselseitige Einwirkung auf einander Kälte oder Wärme erzeugen, wie dieß z. B. bey der Vermischung des Wassers und Mehls geschieht, welche empfindbare Wärme erzeugt. In dergleichen Fällen werden die Veränderungen der Temperatur nicht allein durch die Vertheilung der mitgetheilten Wärme, sondern auch durch die neu entbundene Wärme bewirkt, welches fehlerhafte Resultate veranlaßt.

Außerdem sind die Capacitäten der Körper nicht durch Vergleichung ihres Volumens, sondern ihres Gewichts bestimmt, und bey der Reduktion auf die Räume wird die Menge der in der Luft enthaltenen absoluten Wärme ungemein gering. Wenn z. B. 1 Pfund reine Luft $4\frac{1}{2}$ Mahl mehr absolute Wärme hat, so hat ein Cubikzoll solcher Luft wenigstens 168

*) Prüfung der neuen Theorie über Feuer, Wärme u. s. w. im Journal der Physik. B. I. Heft 1. S. 3. f. Heft II. S. 189. f.

168 Mahl weniger, als 1 Cubikzoll Wasser. Die Veränderungen der Temperaturen, aus welchen die comparative Wärme der Luftarten berechnet sind, betragen nicht über $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{20}$ des fahrenh. Grades, mithin so wenig daß dabey Irrthümer fast unvermeidlich sind. Der Hauptsatz, daß die Capacität der Körper in dem Maße wachse, wie sie dephlogistisirt werde, hat zu wenige Bestätigung durch die Erfahrung. Die Metalle besitzen zwar eine geringere Capacität, als ihre Kalke; dagegen aber haben Holz und Kohlen nach Herrn C. eigenen Versuchen mehr Capacität, als die Holzasche; das Blut der Pulsadern mehr, als das Wasser, und die brennbare Luft, welche doch das Phlogiston selbst seyn soll, mehr als die meisten andern Körper.

Gegen Crawford's Erklärung der Verbrennung wendet Gren ein, daß den Versuchen zu Folge nur alsdann fixe Luft beym Verbrennen entstehe, wenn der saure Stoff vorher in den Körpern vorhanden gewesen sey, wie z. B. bey der Kohle und den organischen Körpern, aus welchen man auch durch andere Zersetzungen fixe Luft erhalten kann. Daß die Erzeugung des Wassers durchs Verbrennen der brennbaren mit Lebensluft noch nicht erwiesen, und die Verschiedenheit des Phlogistons, wovon die eine Art fixe Luft, die andere Wasserdämpfe erzeugen soll, unwahrscheinlich sey; daß bey andern geschwinden Phlogistisirungen der Luft, z. B. durchs Respiriren, durch Salpeterluft u. s. f. kein Feuer oder keine mit Licht begleitete Wärme entstehe, woraus er endlich den Schluß macht, daß die Quelle des Feuers nicht mit Crawford in der respirablen Luft, sondern vielmehr in den entzündlichen Körpern selbst zu suchen sey.

Herr de Lüc *) betrachtet die Wärme bey der Verbrennung als Wirkung des unzersetzten Feuers, und das Leuchten als Wirkung des zersetzten. Er nimmt eine doppelte Art der Verbrennung an. Bey der erstern wird die reine Luft nicht zersetzt, und die Wärme rührt bloß von dem im

 brenn-

*) Neue Ideen über die Meteorologie, a. d. Franz. Th. I. S. 180. u. f.

brennbaren Körper enthaltenen Feuer her. Hier verbindet sich vielmehr mit der reinen Luft eine Substanz, welche sonst als Bestandtheil der brennbaren Luft zu betrachten ist, und Phlogiston heißt, woher fixe Luft entsteht. Auf diese Art geschieht das Verbrennen der Kohle. Eine andere Art der Verbrennung aber entsteht, wenn so viel Wärme vorhanden ist, daß das aus dem brennbaren Körper Entbundene in Gestalt der brennbaren Luft bis zum 650sten fahrenheitischen oder 275sten Grade der de Lüc'schen Skale erhitzt, die reine Luft erreicht. Hier entzünden und zersetzen sich beyde Luftarten bey ihrer Berührung. Daher kommt die Flamme, deren Hitze von der Menge des plötzlich befreyten Feuers, und ihr Licht von der Zersetzung eines Theils desselben herrührt, und die beyden Luftarten verwandeln sich in Wasser, welches durch die Wirkung des freyen Feuers dampfförmig ist. So brennen der Phosphor, der Docht der Argandischen Lampe u. dergl. mit weit größerer Hitze, welche nicht aus dem verbrennlichen Körper allein, sondern zugleich aus der Luft herkommt. Die gemeinen Flammenfeuer halten das Mittel zwischen beyden Arten, und jede Verbrennung ist desto vollkommener, je mehr sie sich der zweyten Art nähert.

Herr Gren machte sich damahliger Zeit von dem Verbrennen der Körper folgende Vorstellung. Er betrachtete das Phlogiston, welches mit allen verbrennlichen Körpern chemisch vereinigt sey, als wirklich gebundenes Feuer (Licht- und Wärmestoff). Wird nun ein entzündlicher Körper, d. i. ein solcher, welcher gebundenes Feuer enthält, hinlänglich erhitzt, so wird der Zusammenhang des Phlogistons mit den übrigen Bestandtheilen des Körpers geschwächt, und es erfolgt eine Auflösung desselben in der respirabeln Luft. Da diese mit Zersetzung begleitet ist, so zeigen sich beyde Bestandtheile des Phlogistons, Licht und Wärme. Durch die reine Luft werden sie zum Theil wieder zum Phlogiston gebunden, wodurch die Luft selbst phlogistisirt wird. Wenn das Phlogiston in einem Körper so wenig gebunden ist, daß es schon durch die Luft auch ohne Erhitzung frey gemacht werden kann, so geht es unzersetzt, d. i.

ohne

ohne Feuer zu bilden, in die atmosphärische Luft über, und bindet sie, wie beym Athmen der Thiere, der Phlogistisirung durch Salpetergas, dem Verwittern der Schwefelleber, dem Rosten der Metalle an der Luft u. s. f.

Nur kommen noch bey der Verbrennung der verbrennlichen Körper zwey merkwürdige Umstände vor, welche sich nach den meisten der angeführten Theorien mit nicht geringen Schwierigkeiten erklären lassen; nähmlich 1) die Luft, worin ein Körper brennt, nimmt am Umfange und am absoluten Gewichte ab, und zwar um desto mehr, je reiner sie ist, oder, welches einerley ist, je länger das Verbrennen darin unterhalten werden kann, und 2) das absolute Gewicht des verbrannten Körpers nimmt, wenn er beym Verbrennen nur sonst nichts Flüchtiges, keinen Rauch oder Dampf entwickelt, im Rückstande gerade so viel zu, als die Luft, darin er verbrennt, abnimmt. Diese beyden durch ausgemachte Erfahrungen bestätigten Umstände zeigen unläugbar, daß bey der Verbrennung der Körper ein ponderabler Theil der Luft an selbige treten müsse, welcher beym verbrannten Körper die Gewichtszunahme und bey der Luft die gleiche Gewichtsabnahme bestimmt. Bloß nach des Herrn **Lavoisier's** System, oder nach dem so genannten antiphlogistischen Systeme lassen sich diese Erscheinungen auf eine befriedigende Art erklären. Denn nach den phlogistischen Systemen verliert der verbrennliche Körper etwas (Phlogiston), welches die Luft gewinnt, und dieselbe dadurch phlogistisirt. M. s. **Brennstoff, Verkalkung.** Inzwischen wurde das antiphlogistische System von den meisten Chemikern, außer Frankreich, oft mit Heftigkeit bestritten, nur einige wenige in Deutschland und England suchten es weiter zu verbreiten. Die erstern bemüheten sich die erwähnten Schwierigkeiten auf mancherley Weise aus dem Wege zu räumen; einige legten dem Phlogiston eine negative Schwere bey, d. h. ein Vermögen, das Gewicht der Körper zu vermindern, andere nahmen eine Vertauschung der Stoffe an, bey welcher zwar der entzündete Körper das imponderable Phlogiston verliere,

dafür aber einen Theil der reinen Luft einsauge, und daher am Gewicht zunehme; dagegen der zurückbleibende phlogistisirte Theil der Luft am Umfange, und weil das hinzugekommene Phlogiston imponderabel sey, auch am Gewichte abnehmen müsse.

Bey diesen Erklärungen ließ man aber doch das aus dem verbrennlichen Körper entwichene Phlogiston alle Mahl an die Luft treten, und mit dieser phlogistisirte Luft (Stickgas) bilden, woraus folgte, daß bey jeder Verbrennung phlogistisirte Luft entstehen müßte. War es nun aber möglich, eine solche Verbrennung zu bewirken, wo gar kein Rückstand der Luft zurückblieb, so konnte die phlogistische Lehre, nach welcher dabey jederzeit phlogistisirte Luft übrig bleiben muß, nicht länger mehr bestehen. Die Antiphlogistiker hatten zwar das totale Verschwinden des Luftvolumens bey dem Akt des Verbrennens in ganz reiner Lebensluft längst behauptet; allein sie konnten es doch nie gänzlich bewirken. Bey den Versuchen des Herrn **Lavoisier** blieb alle Mahl etwas Luft übrig, wiewohl es nach allen Kennzeichen nicht Stickgas, sondern noch völlig reine Luft war.

Im Jahre 1793 gelang es endlich Herrn **Göttling** *), das gänzliche Verschwinden des Luftvolumens beym Verbrennen des Phosphors in reiner aus dem rothen Quecksilberkalk bereiteten Lebensluft wahrzunehmen, welcher Versuch nachher von ihm zu mehreren Mahlen, imgleichen von Herrn **Trommsdorf** in Erfurt u. and. mit gleichem Erfolge wiederhohlet worden ist. Dieser Versuch entschied nun auf ein Mahl den so geraume Zeit gedauerten Streit zwischen dem antiphlogistischen und phlogistischen Systeme.

Herr **Göttling** gebrauchte hierzu anfänglich kleine Glaskolben, und erhitzte die Stelle des Bodens, wo der Phosphor lag, mit einer Lichtflamme. Da aber die Gläser mehrentheils zersprangen, so ließ er sich nachher einen Kolben, wie (fig. 17.) a, von Messingblech zusammensetzen, welcher durch eine mit einem Hebel versehene Schraube b verschlossen werden

*) Beytrag zur Berichtigung der antiphlogistischen Chemie. Weimar, 1794. 8. S. 8. f.

werden konnte, und um dessen Bauch ein blechernes Kühlgefäß c angebracht war. Den Kolben füllte er in der pneumatischen Wanne mit reiner Luft an, welche aus völlig gereinigtem Salpeter mit lebhaften Feuer in einer beschlagenen gläsernen Retorte entwickelt, und mit Kalkwasser abgewaschen war. Hierauf brachte er unter dem Wasser ein so großes Stück Phosphor hinein, daß das Luftvolumen gewiß dadurch verzehrt werden konnte, und noch ein Antheil davon übrig bleiben mußte. Nunmehr füllte er das angebrachte Kühlgefäß mit Wasser an, trocknete den Boden des Kolbens gut ab, und erhitzte ihn durch eine Lichtflamme. Die Entzündung des Phosphors geschah sogleich mit Heftigkeit. Nach Beendigung derselben brachte er den Kolben wieder in die pneumatische Wanne, und als dieser sich so weit abgekühlt hatte, daß der noch etwa übrig gebliebene Phosphor hart geworden war, öffnete er den Kolben unterm Wasser, wo es mit Heftigkeit hineinströmte. Vor diesem Versuche war in einem besondern Glase genau angemerkt, wie viel Wasser in den Kolben ging. Er konnte aber bey mehreren Versuchen mit dieser Luftart kein gänzliches Verschwinden des Luftvolumens zu Stande bringen, indessen war die zurückgebliebene Luftmenge wenigstens nicht so beträchtlich, als sie hätte seyn müssen, wenn das im Phosphor befindliche Phlogiston sich mit der reinen Luft zu phlogistisirter Luft verbunden hätte.

Auf gleiche Art entwickelte Herr Göttling die Lebensluft aus ganz reinem Braunstein, und wusch sie mit Kalkwasser ab. Mit dieser Luft füllte er seinen Apparat, brachte den Phosphor hinein, und entzündete ihn wie beym ersten Versuche. Beym Oeffnen des Kolbens strömte das Wasser wieder mit Gewalt hinein, und die übriggebliebene Luftmenge war auffallend geringer, als bey den Versuchen mit dem aus dem gereinigten Salpeter entwickelten dephlogistisirten Gas.

Hierauf bereitete er aus reiner Salpetersäure und reinem Quecksilber den rothen Quecksilberkalk, entwickelte daraus in der beschlagenen gläsernen Retorte die reine Lebensluft, und

wusch

wusch sie mit Kalkwasser ab. Mit dieser füllte er wieder den Apparat, und entzündete Phosphor darin. Die Entzündung geschah, wie bey den vorigen Versuchen, und hier ward der Kolben, nachdem er ihn unterm Wasser geöffnet hatte, gänzlich damit angefüllt. Diesen Versuch wiederhohlte er mehrere Mahl unter gleichen Umständen, und der Erfolg war immer der nähmliche.

Endlich füllte er nochmahls den Kolben mit Lebensluft aus dem Quecksilberkalk, that zwey Loth von dem Rosischen leichtflüssigen Metallgemische, aus Wismuth, Zinn und Bley hinein, und erhielt dasselbe zwey Stunden über der lebhaften Flamme einer Argandischen Lampe, wobey es öfters geschüttelt, und das Schraubenleder von Zeit zu Zeit mittelst eines Pinsels mit Wasser angefeuchtet wurde. Nach dieser Zeit wurde der Kolben unterm Wasser geöffnet, und das Wasser strömte ebenfalls mit Heftigkeit hinein. Der Kolben war aber nur ungefähr $\frac{2}{3}$ mit Wasser angefüllt. Da bey diesem Versuche die übriggebliebene Luft nicht war untersucht worden, so wiederhohlte Herr Göttling denselben unter ähnlichen Umständen, fand aber, daß die zurückgebliebene Luft noch sehr reine Lebensluft war, und ward dadurch überzeugt, daß bey längerer Fortsetzung des Versuchs auch diese würde verzehrt worden seyn. Diese Versuche weiter zu treiben hielt er nicht für nöthig, da zu eben der Zeit auch Herr Prof. Hildebrandt [α]) das fast gänzliche Verschwinden der Lebensluft ebenfalls durch das Entzünden einer Stahlfeder bewirkt hatte.

Auch Herrn Gren [β]), welcher diese Versuche wiederhohlte, und noch ein eifriger Vertheidiger der phlogistischen Theorie war, gelang es einmahl, das gänzliche Verschwinden der Lebensluft durchs Verbrennen des Phosphors wahrzunehmen, und dieß bewog ihn, öffentlich zu erklären, daß er das bisherige phlogistische System verlasse. Ob es mir gleich,

α) Von Crells chemische Annalen 1793. St. 8. S. 99.

β) Schreiben an Westrumb in von Crells chemischen Annalen 1793. St. 10. S. 242. Antwort an Herrn von Mons in Brüssel vom 12. Dec. 1793. im Journal der Physik. B. VIII. S. 15.

gleich, sagt er, nur ein Mahl gelungen ist, eine solche Luft darzustellen, die beym Verbrennen des Phosphors darin ganz und gar zersetzt wurde, so ist mir doch dieses hinreichend zur Ueberzeugung, daß wenn sich in diesen und ähnlichen Prozessen ein Rückstand von Stickgas findet, dieses darin vorher präexistirt habe, und also meine vormahlige Meinung von der Erzeugung des Stickgas falsch seyn müsse.

Indessen sind doch die Herren Gren und Göttling in einigen Stücken von dem französischen System abgegangen, wozu ihnen die Erscheinungen des Lichts Veranlassung gegeben haben. Nach dem französischen System entsteht bey der Verbrennung Licht und Wärme bloß aus der Luft; alle jene beyden setzen die Quelle des Lichts nicht allein in die Lebensluft sondern auch in die verbrennlichen Körper. Das französische System läßt freylich noch viele Lücken in Ansehung der Erscheinungen des Lichts zurück, welche man durch Annahme eines Brennstoffs oder Lichtstoffs hat ausfüllen wollen; dessen ungeachtet aber ist dabey noch viel Verborgenes, woran vorzüglich die gänzliche Unwissenheit von dem Wesen des Lichts und der Wärme Schuld ist.

Im Jahr 1794. machte sich Herr Gren noch folgende Vorstellung von der Verbrennung der verbrennlichen Körper. Sein voriges Phlogiston, das er in gebundenem Feuer (Licht- und Wärmestoff) bestehen ließ, hatte er dahin abgeändert, daß er nunmehr unter dem Brennstoff, welcher in den verbrennlichen Körpern einen Bestandtheil derselben ausmacht, die Basis des Lichts versteht, welche mit dem freyen Wärmestoffe (dem fortleitenden Fluidum) das Licht selbst bildet. Ueberdieß hielt er sich damahls noch nicht überzeugt, daß in der Basis der Lebensluft der Grund der Säurebildung des in Lebensluft verbrannten Körpers liege, weil so viel verbrannte Körper keine Spur einer sauren Beschaffenheit äußerten. Demnach nimmt er die verbrennlichen Körper, welche nach dem antiphlogistischen Systeme als einfach gehalten werden, wieder als zusammengesetzte Körper an; so besteht z. B. der Phosphor aus phosphorsaurer Grundlage und

Brenn-

Brennstoff u. s. f. Wird also nun z. B. der Phosphor in der Lebensluft einer Wärme von 32° Reaum. ausgesetzt, so verbindet sich durch eine doppelte Wahlverwandtschaft die Basis der Lebensluft mit der Phosphorsäure, während der Brennstoff des Phosphors mit dem Wärmestoff der Lebensluft zum Licht zusammentritt, und damit Feuer bildet, das als solches ausstrahlt. Der Wärmestoff allein kann das Brennbare des Phosphors nicht entbinden; es muß die Anziehung der Basis der Lebensluft gegen die saure Grundlage, welche den Brennstoff bindet, hinzukommen, und hieraus erklärt sich die Nothwendigkeit des Zutritts der respirabeln Luft. Je reiner diese Luft ist, oder je geringer das Verhältniß der Stickluft darin ist, desto freyer kann der verbrennliche Körper die Basis der Lebensluft darin anziehen; desto größer ist in jedem Augenblicke die Entwicklung des Brennstoffs und der Zersetzung der Luft, folglich desto größer die Intensität des Verbrennens. Die Basis der Lebensluft bleibt im Rückstande des verbrannten Körpers, ihr Wärmestoff entweicht mit dem Brennstoffe des Körpers als Licht und freye Wärme. Sie nimmt also am Gewicht und Umfange ab; was von ihr übrig bleibt, ist immer noch reine Luft, welche zur Verbrennung nicht nöthig war, und unzersetzt blieb; wenn Stickgas dabey ist, so ist dasselbe schon vorher in der Luft befindlich gewesen. Der Rückstand des verbrannten Körpers nimmt am Gewicht zu, und diese Zunahme correspondirt der Abnahme des Gewichts der Luft, weil die entwichenen Stoffe, Wärmestoff und Brennstoff, imponderabel sind.

In der dritten Ausgabe seines Grundrisses der Naturlehre vom Jahre 1797. behält er zwar im Ganzen diese Erklärung vom Verbrennen bey, nimmt aber nun, wie die Antiphlogistiker, die Basis der Lebensluft oder den so genannten Sauerstoff als den Grund der Säurebildung des in Lebensluft verbrannten Körpers an, jedoch mit der Einschränkung, daß man den Sauerstoff nicht als einen solchen Stoff zu betrachten habe, welcher an sich sauer ist, sondern weil

er mit der säurefähigen Grundlage, wie z. B. mit dem Phosphor, eine Säure erzeuge.

Auch Herr **Göttling** nimmt den Sauerstoff mit Feuerstoff gebunden in der Lebensluft an, verwirft aber den Stickstoff, und setzt dagegen die verbrennlichen Körper aus eigenen Grundlagen und Lichtstoff zusammen. So besteht z. B. der Phosphor aus Phosphorstoff und Lichtstoff, der Schwefel aus Schwefelstoff und Lichtstoff u. s. f. Die Stickstoffluft besteht nach ihm, weil der Phosphor darin leuchtet, und in Phosphorsäure verwandelt wird, aus Sauerstoff und Lichtstoff. Nach seiner Theorie geschieht also das Verbrennen der Körper ebenfalls durch doppelte Wahlverwandtschaft: der Sauerstoff verbindet sich nähmlich mit dem Phosphor zur Phosphorsäure, der Feuerstoff der Luft aber mit dem Lichtstoff des Phosphors zu leuchtender Hitze oder Feuer. M. s. **Gas, phlogistisirtes, Gas, dephlogistisirtes.**

Noch einige andere neuere Erklärungen des Verbrennens, welche mehr dem phlogistischen Systeme angemessen sind, sind kürzlich folgende. Das Verhalten der dephlogistisirten und phlogistisirten Luft beym Verbrennen des Schwefels, Phosphors, der Kohle und der brennbaren Luft nach Herrn de Lüc zeigt Herr **Lampadius** *). So besteht z. B. der Schwefel aus Vitriolsäure, Phlogiston, und etwas durch das Phlogiston gebundenem Feuer. Die dephlogistisirte Luft ist zusammengesetzt aus Feuer, Wasser, und einem noch unbekannten Bindungsmittel, welches der Vereinigung von beyden die Gasgestalt gibt. Würde nun durch fremdes Feuer, Reiben und dergl. das Phlogiston des Schwefels in Bewegung gesetzt, so wird dasselbe von der dephlogistisirten Luft angezogen, es verläßt den Schwefel, und das Feuer wird so wohl im letztern als in der Luft plötzlich und in großer Menge entbunden, so daß es sich durch den Druck zerstört, und sein fluidum deferens, das Licht, entweicht. Ein Theil Wasser

*) Darstellung der vorzüglichsten Theorien des Feuers. Göttingen, 1793. 8. S. 124–133.

Wasser wird von der im Schwefel gelegenen Vitriolsäure angezogen, ein anderer Theil bildet mit Feuer und der durch das Phlogiston verflüchtigten Vitriolsäure schwefelsaure Luft. Eine bestimmte Menge Feuer bleibt mit der Vitriolsäure verbunden, und macht einen Bestandtheil derselben aus. Wenn also der Schwefel entzündet wird, so ist der Erfolg 1) Entstehung einer Menge freyen Feuers, welches so lange fortdauert, als noch Phlogiston aus dem Schwefel entweichen kann, oder noch dephlogistisirte Luft vorhanden ist. 2) Verschwinden der dephlogistisirten Luft. 3) Zurückbleiben einer Menge schwefelsaurer Luft. 4) Abscheidung der Vitriolsäure aus dem Schwefel mit Wasser verbunden, von welchem letztern die Gewichtszunahme herrührt.

Hiernach bleibt also das Phlogiston in der schwefelsauren Luft, welche bey der Verbrennung des Schwefels entsteht. Bey andern Verbrennungen, z. B. der des Phosphors, soll es Stickgas bilden, indem sich das Bindungsmittel der dephlogistisirten Luft mit dem Phlogiston und Wasserdampfe vereinigt. Ueberhaupt soll jeder Zeit Stickgas entstehen, wenn der brennende Körper bey seiner Zersetzung keine andere Substanz, als Phlogiston, von sich gibt. Allein diese Erklärung ist durch das gänzliche Verschwinden der Lebensluft völlig widerlegt.

Eine andere ebenfalls auf das phlogistische System sich gründende Theorie trägt der Herr Hofrath Voigt vor. M. s. den Artikel, Brennstoff. Der verbrennliche Körper enthält nähmlich den männlichen, und die Luft den weiblichen Brennstoff. Die dephlogistisirte Luft, oder nach Herrn Voigt's Benennung das weibliche Brenngas, ist nichts anders, als eine chemische Verbindung vom Wasser und weiblichen Brenngas. Durch die Entzündung entsteht eine wirksame Paarung beyder Stoffe, welche Erschütterung des Lichtstoffs und Trennung der übrigen Theile des männlichen Brennstoffs von der Substanz des Körpers zur Folge hat. Die Paarung beyder Stoffe verbreitet sich immer weiter, und es wird zugleich alles Wasser niedergeschlagen, welches den

den weiblichen Brennstoff in der Luft gebunden hielt. Geschieht nun die Verbrennung unter einer gesperrten Glocke, so muß das Volumen sowohl, als das absolute Gewicht der in derselben befindlichen Luft dadurch vermindert werden. Das niedergeschlagene oder ausgeschiedene Wasser muß nähmlich im tropfbaren Zustande einen weit geringern Raum einnehmen, als da es in Gasgestalt vorhanden war, und es zieht sich überdieß in den meisten Fällen in das Rückbleibsel des verbrennenden Körpers als eine Art vom wesentlichen, oder Krystallisationswasser, und verkörpert sich damit so, daß man es gar nicht mehr darin erkennen kann, aber es vermehrt das absolute Gewicht jenes Körpers gerade um so viel, als sein eigenes beträgt; auch pflegt sich ein Theil davon mit den beym Verbrennen flüchtig werdenden Theilen, zu einem neuen Gas zu verbinden, und dadurch abermahls unsichtbar zu werden. Fehlt es an weiblichem Brennstoff in der Luft, so hört das Brennen auf, und auch ein anderer schon brennender Körper, der in einen solchen Raum gebracht wird, kann sein Verbrennen keinen Augenblick fortsetzen.

Die Paare von gegen einander schlagenden männlichen und weiblichen Brennstoff bleiben in diesem Zustande im Raume der Glocke, und machen die darin befindliche einfache Luft warm; denn das Leuchten kann nicht lange fortdauern, weil die Heftigkeit des Gegeneinanderschlagens bald so sehr nachläßt, daß der Lichtstoff nicht mehr in Wirksamkeit gesetzt werden kann. Bey einiger Anhäufung dringt auch der gepaarte Brennstoff durch die Wände des Glases, schwebt in der freyen Luft herum, bis er ruhig, oder jeder seiner Theile von neuen wieder gebunden wird.

Ein solcher Zustand der einfachen Luft, wo sie bloß mit solchem gepaarten Brennstoff angefüllt ist, das weibliche Brenngas hingegen ihr gänzlich fehlt, macht sie zu einer solchen, die man sonst phlogistische oder phlogistisirte nennt, welcher aber Herr **Voigt** lieber den Nahmen der **Brennstoffluft** geben will.

Wenn man in dieser Theorie von der Bildersprache, welche darin herrscht, abstrahirt, so findet sich in selbiger großen Theils das alte phlogistische System wieder. Der männliche Brennstoff ist nichts weiter, als das Stahlische Phlogiston, welches bey seinem Uebergange in die mit weiblichem Brenngas vermischte Luft das nähmliche bewirkt, was man sonst Phlogistisiren nannte. Wo kommen aber beyde Brennstoffe hin, wenn der Phosphor das reine weibliche Brenngas, in welchem er verbrennt, völlig aufzehrt? Hier ist keine einfache Luft vorhanden, welche den gepaarten Brennstoff in sich nehmen kann; auch beym Versuche selbst findet man keine Spur von entstandener Brennstoffluft. Es muß daher der Brennstoff durch die Wände des Gefäßes gegangen seyn, und auf solche Art scheint diese Theorie mit der von Scheele übereinzukommen. Wärmestoff gibt es nach dieser Theorie gar nicht, indem Herr Voigt Wärme und Licht bloß aus Vibrationen erklärt; dagegen muß man einen eigenen Lichtstoff annehmen, welcher gleichsam die Grundlage aller Gasarten ist, und mit der elementarischen Luft übereinkömmt.

Aus dem bisher Angeführten erhellet also zur Genüge, daß kein Verbrennen anders Statt finden kann, als wenn reine Luft zugegen ist. Indessen geben die Herren Deiman, Paets van Troostwyck, Nieuwland und Bondt zu Amsterdam verschiedene gegen das Ende des Jahres 1793. gemachte Versuche an, woraus zu erhellen scheint, daß das Verbrennen auch ohne Daseyn von reiner Luft Statt finden könne. Sie behaupten nähmlich, den Schwefel in Verbindung mit verschiedenen Metallen im leeren Raume, im entzündbaren Gas, im kohlensauren Gas und selbst unter Quecksilber und Wasser entzündet zu haben. Herr Kasteleyn meldete diese Versuche dem Herrn van Mons zu Brüssel am 6ten Dec. 1793 [α]), von welchen nachher ausführlichere Nachrichten sind gegeben worden [β]).

Es

α) Grens Journal der Physik. B. VIII, S. 19.

β) Recherches physico-chemiques par MM. *Deiman*, *Troostwyck*, *Bondt*, *Nieuwland* et *Lawrenbrugh*, mem. III. à Amst. 1794. 4. und

Es wird ein Gemenge aus einem Theile Schwefel und drey Theilen Kupferfeile (dieß Verhältniß hat man als das beste befunden, ob es gleich auch in andern Verhältnissen gelingt) gemacht, ein Antheil davon in eine mäßig weite gekrümmte Glasröhre etwa bis zu einem halben Zoll hoch geschüttet. Hierauf bringt man die Röhre über ein Kohlenfeuer, wo die Materie zuerst in Fluß kömmt, und hernach ins Glühen. Dieser Erfolg findet ohne Unterschied Statt, die Röhre mag luftleer, oder mit den erwähnten Luftarten oder Flüssigkeiten gefüllt seyn. Um den Versuch unter Wasser oder Quecksilber zu machen, ist nöthig, die Materie vorher schmelzen und wieder erkalten und fest werden zu lassen, ehe man jene Flüssigkeiten darüber gießt; denn ohne diese Vorsicht würde sie davon durchdrungen werden. Darauf bringt man die Röhre über das Feuer, und die Erscheinung erfolgt wie vorher. Will man diesen Versuch mit andern Metallen anstellen, so ist in Ansehung des Zinks zu bemerken, daß bey ihm die Wirkung größer ist, und eine Explosion entsteht.

Herr van Mons meldet mit dem 3ten Apr. 1794. *), es sey von der chemischen Societät zu Amsterdam bemerkt worden, daß die Selbstentzündung eines Gemenges von Schwefel, Eisen und Wasser, auch mit andern Metallen, und insbesondere mit Kupfer Statt finde, und daß hierzu ebenfalls die Berührung mit Lebensluft gar nicht nothwendig sey.

Herr Pfaff und Herr Lentin haben jenen Versuch mit einer Mischung von 15 Gran Schwefel und 40 Gran Kupfer wiederhohlt, wobey anfänglich die Masse durchs Schmelzen des Schwefels zusammensinterte, dann aber nach einiger Zeit sich aufblähete, und unter Entwickelung einiger Dämpfe in ein sehr lebhaftes Glühen, welches das ganze Glas mit einer Helligkeit erfüllte, aber ohne Flamme, gerieth. Dieser

und in Crells chem. Annalen 1793. St. XI. S. 383. St. XII. S. 532. u. f.

*) Grens Journal der Physik. B. VIII. S. 284. f.

ser Umstand scheint also zu beweisen, daß die Erscheinung keine eigentliche mit Zersetzung begleitete Entzündung oder Verbrennung, sondern ein bloßes Glühen sey. Dieß ist auch die Meinung des Herrn Pfaff, welcher die ganze Erscheinung aus der geringen Leitungsfähigkeit der glühenden Körper, und der sie umgebenden Mittel erklärt, woraus eine Anhäufung und durch diese eine Zersetzung der Wärme erfolge. Darüber führt er aus einem Briefe des Herrn Lichtenberg folgende Stelle an: diese ganze Sache beweiset bloß, daß jene geschmolzene Körper schlechte Leiter sind. Denn daß bloß leuchtende Gluth ohne Brand, oder Zersetzung ohne allen Beytritt aus Oxygen Gas oder Oxygen Statt findet, davon gibt das unter Wasser glühende Glas ein herrliches Beyspiel ab. Ich habe sonst große Stücken desselben auf Glashütten unterm Wasser glühen sehen, man kann sie da ohne Gefahr angreifen, sie fühlen sich bloß warm an, und die zunächst am Wasser anliegende Rinde ist auch bloß warm, inwendig aber glüht es u. s. w.

M. s. Gren systematisches Handbuch der gesammten Chemie Th. I. Halle, 1794. 8. §. 256. u. f. Dessen Grundriß der Naturlehre. 1797. 8. §. 928. u. f. Kurze Darstellung der vorzüglichsten Theorien des Feuers, dessen Wirkungen und verschiedenen Verbindungen von Lampadius. Götting. 1793. 8. S. 124–133. Gothaisches Magazin für das Neueste aus der Physik und Naturgeschichte. B. VIII. St. 4. S. 122. u. f. Versuch einer neuen Theorie des Feuers, der Verbrennung, der künstlichen Luftarten u. s. f. aus Analogien hergeleitet und durch Versuche bestätigt von J. H. Voigt. Jena, 1793. 8. Gren's Journal der Physik B. I. S. 3. S. 187. B. VIII. S. 18. S. 280. f. Girtanner Anfangsgründe der antiphlogistischen Chemie. Berlin, 1795. 8. Cap. VI. S. 61.

Verdampfung s. Dämpfe.

Verdichtung (condensatio, condensation). Hierunter versteht man überhaupt die Vergrößerung der Dichtigkeit der Körper, oder die nähere Verbindung der materiellen Theile derselben, wodurch ihr voriges Volumen vermindert wird.

Die

Die Verdichtung der Körper kann durch mancherley Ursachen bewirkt werden. So lassen sich Materien durch äußern Druck in einen engern Raum zusammenbringen, mithin verdichten; diese Verdichtung heißt ins besondere **Compression** oder **Zusammendrückung**. Alle diese Körper lassen sich auf diese Art verdichten; sie erfordern aber nach Verschiedenheit derselben auch verschiedene äußere zusammendrückende Kräfte. M. s. **Compressibilität**. Unter dem Artikel, **Compressionsmaschine**, sind einige Vorrichtungen zur Zusammendrückung der Luft und anderer elastischer Flüssigkeiten beschrieben worden.

Eine andere Ursache der Verdichtung ist die Kälte, oder der Mangel der freyen Wärme, welche alle Körper in einen engern Raum zusammenbringt. M. s. **Kälte**, **Thermometer**. Es gibt zwar einige flüssige Körper, welche in einen größern Raum ausgedehnt werden, wenn sie aus dem flüssigen Zustande in den festen übergehen, allein dieß Ereigniß ist keine Folge der Kälte, sondern entsteht vielmehr aus andern bey der Frostkälte sich ereignenden Umständen. M. s. **Eis**, **Gefrierung**. Man muß die Kälte als Nachlassung einer auf die Körper wirkenden ausdehnenden Kraft, welche die Wärme ausübt, betrachten, so daß sich also aus Mangel dieser ausdehnenden Kraft die Körper von selbst in einen engern Raum zusammenziehen, und sich dadurch verdichten.

Eine dritte Ursache der Verdichtung der Körper muß in den Körpern selbst gesucht werden, wenn besonders zwey verschiedene Materien chemisch auf einander wirken. So lehrt die Erfahrung, daß verschiedene mit einander zusammengeschmolzene oder auch chemisch auf einander wirkenden Materien in ihrer Zusammensetzung einen kleinern Raum einnehmen, als die Summe der Räume der auf einander wirkenden Materien, so daß also diese eine wirkliche Verdichtung erlitten haben.

Ganz eigentlich aber führt den Nahmen der Verdichtung oder Condensation der Uebergang dampfförmiger Substanzen in tropfbare oder feste Gestalt. So lassen sich z. B. Was-

serdämpfe durch Druck oder Kälte wie zu tropfbarem Wasser verdichten, und bey Destillationen verdichten sich die durch Wärme ausgetriebenen Dämpfe in der kühlern Vorlage wieder zu tropfbaren Flüssigkeiten.

Verdickung, Eindickung (inspissatio, inspissation) heißt diejenige Operation, da ein aus dünnflüssigen und zähen Theilen zusammengesetzter flüssiger Körper so lange abgedampft wird, bis die dünnflüssigen Theile verflüchtiget sind, und die zurückgebliebenen eine zähe Consistenz erhalten haben. So werden verschiedene Pflanzensäfte zu einer zähen Materie eingedickt u. s. f. Die Wärme löset nähmlich die dünnflüssigen Theile in Dampf auf, in welcher Form sie von den zähen Theilen entweichen.

Verdünnung (rarefactio, rarefaction). Hierunter begreift man die Verbreitung der materiellen Theile der Körper in einen größern Raum, als sie vorher einnahmen. M. s. Ausdehnung, Ausbreitung. Die Verdünnung der Körper läßt sich ebenfalls durch mancherley Ursachen, wie die Verdichtung derselben bewirken. So dehnt die Wärme alle Körper in einen größern Raum aus. Die elastischen Flüssigkeiten oder die Gasarten und Dämpfe, welche vom Drucke der Atmosphäre in einen engern Raum zusammengebracht sind, dehnen sich von selbst vermöge ihrer Elasticität nach Wegnahme dieses Drucks in in einen größern Raum aus, oder verdünnen sich. Hierauf gründen sich verschiedene Einrichtungen von hydraulischen Maschinen und die der Luftpumpe.

Auch bey der Vermischung verschiedener ungleichartigen Materien, welche chemisch in einander wirken, entstehen oft Zusammensetzungen, welche einen größern Raum einnehmen als die Summe der Räume der in die Vermischung gekommenen Materien, welche folglich ebenfalls eine Verdünnung erlitten haben. Der Grund hiervon muß nothwendig in den Kräften der in einander wirkenden Materien selbst gesucht werden.

In einer ganz andern Bedeutung heißt **Verdünnen** eine dickflüssigere oder wirksamere Materie durch eine dünnflüssigere oder unwirksamere so zu vermischen, daß sie dünnflüssiger oder in ihrer Wirkung verändert wird. So werden z. B. concentrirte Säuren, Weingeist u. dergl. durch Wasser verdünnt.

Verfinsterung s. **Finsternisse.**

Verglasung (vitrificatio, vitrification). Hierunter versteht man in der Chemie eine Schmelzung harter, fester Körper, welche nach dem Erkalten Glas liefern, d. h. einen durchsichtigen, im Feuer schmelzbaren, und auf dem Bruche dichten und glänzenden Körper. M. s. Glas. Die Verglasung kann vollkommen und unvollkommen geschehen; bey der vollkommenen Verglasung werden alle Theile so geschmolzen, daß sie nach der Erkaltung durchaus gleichförmige und ganz durchsichtige Gläser geben; bey der unvollkommenen Verglasung hingegen bleiben viele Theile ungeschmolzen, und die daher entstandenen Produkte sind mehr oder weniger durchsichtig, selbst oft nur auf dem Bruche glasig und glänzend, und heißen im Hüttenwesen **Schlacken** (scoriae).

Mehrere salzige, erdige und metallische Substanzen sind einer Verglasung fähig. Die Erden an und für sich sind zwar desto unschmelzbarer, je größer ihre Reinigkeit ist; in ihrer Vermischung aber dienen sie einander selbst zu Schmelzungsmitteln. Thonerde, Kalkerde und Kieselerde, welche für sich allein nicht in Fluß kommen, geben in einer gehörigen verhältnißmäßigen Mischung mit einander in starker Hitze ein vollkommenes Glas. Die Kalke der unedlen Metalle geben mehrentheils schon für sich im Feuer glasartige Materien; besonders sind die Bleykalke zur Verglasung geschickt; diese liefern schon für sich allein bey mäßigen Graden der Hitze ein Bleyglas, welches so schmelzbar, dünnflüssig und wirksam ist, daß es alle Schmelztiegel durchdringt. M. s. Bley. Durch Vermischung metallischer Kalke mit Erden erhält man sehr dichte und schwere Glasarten, welche nicht spröde sind,

welche plötzliche Abwechselung der Hitze und Kälte besser aushalten, und sich glatter anfühlen.

Sehr viele Salze, welche den hinreichenden Grad der Feuerbeständigkeit besitzen, besonders die feuerbeständigen reinen Alkalien, haben beym Schmelzen auf die Kieselerde eine große Einwirkung. Man gebraucht daher zur Bereitung des gemeinen Glases eine Mischung von Sand und Asche, oder feuerbeständigen Alkalien. M. s. Glas.

Vergrößerung (amplificatio, amplification) heißt die Wirkung optischer Werkzeuge, besonders der Fernröhre und Mikroskope, durch welche Gegenstände, die dem bloßen Auge unter einem kleinen Sehewinkel erscheinen, demselben unter einem viel größern Sehewinkel dargestellt werden. Die Größe dieser Wirkung wird durch das Verhältniß der beyden Sehewinkel ausgedruckt, dessen Exponent alsdann die **Vergrößerungszahl** heißt.

In Ansehung der Größe des Sehewinkels, unter welchem Gegenstände dem bloßen Augen erscheinen, kommt es bloß auf die Entfernung an, aus welcher man sie betrachtet. Will man daher die Sehewinkel fürs bloße Auge als unveränderliche Größe betrachten, und mit dem Sehewinkel durch Gläser vergleichen, so muß man eine bestimmte Stelle, wo sich das Auge befinden soll, festsetzen. Eine jede Angabe der Vergrößerung eines optischen Werkzeugs setzt eine solche bestimmte Stelle des bloßen Auges voraus, woraus dasselbe den Gegenstand betrachten müßte, wenn er unter dem natürlichen unvergrößerten Sehewinkel erscheinen sollte.

Bey den Fernröhren, durch welche sehr weit entlegene Gegenstände betrachtet werden, nimmt man den unvergrößerten Sehewinkel so an, wie er sich darstellen würde, wenn das bloße Auge an der Stelle des letzten Glases (des Objektivglases) sich befände. Denn wenn die Entfernung des Gegenstandes in Vergleichung mit der Länge des Fernrohrs unendlich groß ist, so wird er sich dem bloßen Auge unter einerley Sehewinkel darstellen, es mag denselben aus dem ersten oder aus dem letzten Ende des Fernrohrs betrachten.

Setzt

Setzt man also den unvergrößerten Sehewinkel $= \alpha$, und den, unter welchem das Auge den Gegenstand durch das holländische Fernrohr oder durchs Sternrohr betrachtet, $= \beta$, so ist die Vergrößerungszahl $= \frac{\beta}{\alpha}$ (bey kleinen Sehewinkeln $= \frac{\text{tang.}\,\beta}{\text{tang.}\,\alpha}$). Hieraus ergibt sich nun die Vergrößerungszahl dieser Werkzeuge; sie ist nähmlich dem Quotienten aus der Brennweite des Objektivglases durch die Brennweite des Augenglases dividirt gleich. Das nähmliche gilt auch beym Erdfernrohre, wenn die drey Augengläser einerley Brennweite besitzen. Doch schränkt sich diese Regel auf die gewöhnliche Stellung der Fernröhre für entfernte Objekte und weitsichtige Augen ein; für nahe Gegenstände, wo das Fernrohr mehr aus einander gezogen wird, oder auch für kurzsichtige Augen, da es verkürzt werden muß, wird im erstern Falle die Vergrößerung stärker, im letztern aber geringer. M. s. Fernrohr.

Bey den Spiegelteleskopen nimmt man den vergrößerten Winkel so an, wie ihn das unbewaffnete Auge aus der Stelle des Objektivspiegels sehen würde. Wie sich das Verhältniß der beyden Sehewinkel bey den Spiegelteleskopen finden lasse, ist unter dem Artikel, Spiegelteleskope (Th. IV. S. 748.) gezeigt worden.

Bey den Mikroskopen muß der unvergrößerte Sehewinkel anders bestimmt werden. Es liegt nähmlich hier das Objekt dem Vorderglase so nahe, daß es unnatürlich seyn würde, sich ein Auge zu denken, welches dasselbe eben so nahe betrachtete. Ein solches Auge würde es zwar unter einem sehr großen Winkel, aber undeutlich, sehen. Man nimmt daher die Voraussetzung an, daß das Auge von dem Objekte so weit entfernt ist, als es dasselbe deutlich sehen kann, und gedenkt sich an dieser Stelle den unvergrößerten Sehewinkel, unter welchem das Objekt vom bloßen Auge betrachtet wird. Auf solche Art findet man also die Vergrößerungszahl beym einfachen Mikroskope, wenn man die Weite des deutlichen

Sehens durch die Brennweite der Linse dividirt. M. s. **Mikroskop.** Ebendaselbst wird auch gezeigt, wie man die Vergrößerungszahl bey zusammengesetzten Mikroskopen finde.

Weil die Sehewinkel zwischen ihren Schenkeln bloß Längenabmessungen der Objekte begreifen, so bestimmen die berechneten Zahlen bloß Vergrößerungen der Linien oder Durchmesser. Flächen werden im Verhältnisse der Quadrate dieser Zahlen vergrößert, z. B. die Montfläche 100 Mahl, wenn das Teleskop den Durchmesser 10 Mahl größer darstellt. Vergrößerungen des körperlichen Raums anzugeben, ist unmöglich, weil man bloß Linien und Oberflächen im körperlichen Raume sehen kann.

Wie die Vergrößerungen der optischen Werkzeuge durch Proben bestimmt werden, wozu ein besonderes Werkzeug eingerichtet ist, findet man unter dem Artikel, **Auzometer.**

Vergrößerungsglas s. **Mikroskop.**

Verkalkung, Calcination, das **Calciniren** (calcinatio, calcination). Unter diesem Ausdrucke versteht man überhaupt eine jede Operation, wodurch mittelst hinlänglicher Wärme so viel Theile eines festen Körpers fortgetrieben werden, daß die übrigen in zerreiblicher Gestalt, oder als ein Pulver zurückbleiben. Die Alchymisten heißen dergleichen Operationen das **philosophische Pulvern;** jetzt aber belegt man sie lieber mit dem Nahmen des **Brennens** oder **Röstens** (vstio, vstatio).

In einer engern Bedeutung gebraucht man das Wort **Verkalkung** bloß bey den Metallen, und versteht darunter solche Operationen, bey welchen die Metalle ihre regulinische Form verlieren, und in Metallkalke (nach den Antiphlogistikern metallische Halbsäuren) verwandelt werden. Die verschiedenen Vorstellungen, welche man sich von jeher von der Verkalkung der Metalle gemacht hat, sind bereits unter dem Artikel, **Kalke, metallische,** angeführt worden, womit zugleich der Artikel, **Metalle** verbunden werden kann.

Ver-

Verpuffen, Verpuffung (detonatio, detonation) heißt in der Chemie die mit einem Geräusch begleitete Entzündung, welche erfolgt, wenn salpetersaure Salze in der Glühehitze mit brennbaren Substanzen in Berührung kommen.

Der gemeine Salpeter, welcher für sich allein in der Hitze ruhig fließt, bringt sogleich eine Entzündung mit einem Geräusch zu Wege, wenn man ihn mit einem brennenden Körper in Berührung bringt, oder einen verbrennlichen Körper auf ihn trägt, wenn er glühend im Flusse ist; dabey wird der Salpeter selbst zersetzt, und es bleibt nur das Alkali desselben übrig. Diese Eigenschaft besitzen alle salpetersaure Neutral- und Mittelsalze, doch die Neutralsalze mehr als die Mittelsalze.

Man bedient sich des Verpuffens als eines geschwinden Mittels zu manchen Bereitungen. Wenn man Salpeter mit Kohlenstaube so lange verpufft, bis sich keine Entzündung mehr zeigt, so behält man bloß das Gewächsalkali des Salpeters übrig, welches uneigentlicher Weise den Nahmen des **fixen oder kalischen Salpeters** (nitrum fixum), und wegen der aus den Kohlen entwickelten Kohlensäure nicht ganz ätzend ist. An der Luft zerflossen heißt es **Glaubers Alkahost** (liquor nitri fixi). Wenn ferner Salpeter mit Weinstein verpufft wird, so gewinnt man dadurch die so genannten Flüsse. M. s. **Fluß**. Salpeter mit Schwefel verpufft liefert einen vitriolisirten Weinstein, welcher nach dem Krystallisiren **Glasers Polychrestsalz** (sal polychrestum Glaseri) genannt wird.

Stahl erklärte die Verpuffung aus dem im Salpeter befindlichen Brennbaren, welche Theorie **Macquer** noch weiter ausgeführt hat, indem er annahm, die Salpetersäure erzeuge mit dem Phlogiston einen so genannten **Salpeterschwefel**, welcher sich bey seiner Entstehung im Glühefeuer sogleich entzünde und abbrenne. Nachdem aber **Priestley** die verschiedenen Gasarten entdeckt hatte, war man fast allgemein der Meinung, daß das Verpuffen in der reinen Luft zu suchen sey, in welcher alle brennbare Körper sehr schnell und

und heftig mit Glanz und Knistern verbrennen. Dagegen aber erinnert Herr Gren, welcher damahls noch Phlogistiker war, daß man hierbey die Ursache nicht einsehe, warum die brennbaren Körper nur in der unmittelbaren Berührung mit dem glühenden Salpeter, und nicht eben sowohl nahe über demselben verpuffen, und worin andere Stoffe, welche eben so viel reine Luft geben, z. B. Braunstein, nicht auch verpuffen. Er behauptete vielmehr, daß auch die Salpetersäure am Verpuffen Antheil nehme, indem sie das Phlogiston anziehe, und damit ein verbrennliches Gemisch bilde, das man Schwefelsalpeter nennen könne.

Man glaubte, daß die Salpetersäure hierbey in Salpeterluft verwandelt werde. Allein Herr Achard *) hat bey der Verpuffung des Salpeters mit Kohlen in verschlossenen Gefäßen durch genaue Untersuchung keine Salpeterluft, sondern bloß phlogistisirte und fixe gefunden.

Das antiphlogistische System hat von dieser merkwürdigen Erscheinung den besten Aufschluß gegeben. Es ist durch Versuche ausgemacht, daß hierbey die Salpetersäure zerlegt werde. Wenn man nähmlich einen Flintenlauf, dessen Zündloch genau und stark genug verwahrt ist, mit einem Gemenge von 1 Theile Kohlenstaub und 3 Theilen Salpeter etwa bis zum 6ten Theil anfüllt, sein Ende unter den pneumatischen Apparat bringt, und ihn an der Stelle, wo sich das Gemisch befindet, glühend macht, so entsteht eine Verpuffung mit einer heftigen Entwickelung von Gas. Dieses Gas ist kohlensaures Gas und Stickgas; das zum Sperren gebrauchte Wasser enthält nichts von Salpetersäure, und der Rückstand ist kohlensaures Alkali mit mehr oder weniger unverbrannter Kohle. Die Salpetersäure wird also ganz und gar zersetzt, und die ansehnliche Menge des Stickgas bestätigt die Behauptung der Antiphlogistiker, daß die Basis des Stickgas die Grundlage oder das Radikal der Salpetersäure ausmache.

Sonst ist es wohl außer Zweifel, daß das Verpuffen des Salpeters mit verbrennlichen Körpern ein wahres und hefti-

*) Crells chem. Annalen, Jahr 1784. B. II. S. 482. u. f.

heftiges Verbrennen in der aus demselben beym Glühen entwickelnden Lebensluft sey. Die verbrennlichen Körper erfahren bey ihrer Zerstörung durchs Verpuffen mit Salpeter auch dieselben Veränderungen, als bey dem Verbrennen mit Lebensluft, und die Heftigkeit des Verbrennens, und die Intensität der Hitze und des Lichts kömmt ganz damit überein. Auch erhellet daraus, warum die Verpuffung auch beym Ausschluß der Luft Statt hat.

Nach dem antiphlogistischen Systeme nimmt man also beym Verpuffen des Salpeters mit Kohle an, daß sich in der Glühehitze aus dem Salpeter Lebensluft entwickele, die das lebhafte Verbrennen der Kohle verursacht. In der dabey Statt findenden Temperatur aber bemächtigt sich die Kohle alles Sauerstoffs der Salpetersäure des Salpeters, und geht durch die Aufnahme von Wärmestoff als kohlensaures Gas fort. Die Salpetersäure wird solcher Gestalt zersetzt; ihr Radikal oder der Stickstoff wird frey, welcher auch in Gasform oder als Stickgas entweicht. So wird also Salpetersäure, und folglich auch der Salpeter gänzlich zerstört. Die große Menge von Wärmestoff, welche aus der Salpetersäure frey wird, erklärt die starke Erhitzung beym Verpuffen.

In dieser Erklärung findet doch Herr Gren noch einige Schwierigkeiten. Wenn nähmlich die Lebensluft, welche aus dem Salpeter sich entwickelt, die Ursache von den Erscheinungen des Verpuffens ist, so ist nicht einzusehen, warum andere Stoffe, welche die Lebensluft eben so häufig im Glühefeuer entwickeln: wie z. B. Braunstein, mit verbrennlichen Dingen bis zum Glühen erhitzt, nicht auch dieselbe Wirkung äußern. Dann bleibe ferner nach dem antiphlogistischen Systeme die Entstehung des Lichts aus dem verpuffenden Gemische beym Ausschlusse aller äußern Luft unerklärt. Vergeblich leite man das Licht aus der Lebensluft des Salpeters ab, wie beym Verbrennen in schon gebildeter Lebensluft. Diese Lebensluft sey im Salpeter nicht schon vorhanden, sondern nur ihre Basis, und man könne doch nicht annehmen, daß das erste Fünkchen Licht, was zur Entzündung eines verpuffenden Gemisches angewen-

gewendet werde, sich vervielfältige, und zur Hervorbringung aller der Lebensluft diene, die zum Verbrennen der ganzen Masse des entzündlichen Körpers erforderlich sey. Vielmehr sind die Erscheinungen des Lichts bey verpuffenden Gemischen ein überzeugender Beweis, daß die Quellen des Lichts beym Verbrennen der Körper nicht in der Lebensluft, sondern in den verbrennlichen Körpern selbst zu suchen sey. Hiernach erklärt nun Herr **Gren** die Erscheinung des Verpuffens folgender Maßen:

Wenn der Salpeter mit einem verbrennlichen Körper, z. B. der Kohle, in Berührung kömmt, und irgend ein Theilchen die hinlängliche Erhitzung erhält, so zieht die salpetersaure Grundlage den Brennstoff der Kohle mit vieler Gewalt an sich, und wird zum Stickstoff, während sie ihren Sauerstoff der kohlensauren Basis überläßt, die damit die Kohlensäure bildet. Da die salpetersaure Grundlage bey weiten nicht allen Brennstoff aufnehmen kann, welchen die Kohle oder andere verbrennliche Körper durch die Aufnahme des vielen Sauerstoffs der Salpetersäure entlassen, so bleibt ein beträchtlicher Theil überschüssig, der mit dem bey der Zersetzung der Salpetersäure häufig entwickelten Wärmestoff das Feuer und Licht bildet.

M. s. **Gren** systematisches Handbuch der gesammten Chemie Th. I. Halle, 1794. 8. §. 732. u. f.

Verschwörung s. Zaubergemählde.

Verstärkung der Elektricität s. Flasche, geladene.

Verstärkungsflasche s. Flasche, geladene.

Versteinerung (petrificatio, petrification) heißt diejenige Wirkung der Natur, da lockerer Sand, Theile organisirter Körper u. s. f. nach und nach mittelst des Zutritts der Feuchtigkeit in Stein verwandelt werden. Es ist hier also nicht die Rede von der Entstehung der Steine überhaupt, sondern bloß von derjenigen Wirkung, welcher sich die Natur bedient, erdige Substanzen, die vorher in einzelne Theile zertrennt, oder nur im lockern Zusammenhange waren, mit

Hülfe

Hülfe der Feuchtigkeit nach und nach in zusammenhängende Steinmassen umzubilden.

Es ist wohl eine unbezweifelte Wahrheit, daß erdige Theile, welche ohne wirklichen Zusammenhang neben oder über einander liegen, nie eine zusammenhängende feste Masse bilden werden, so lange sie in einem vollkommen trocknen Zustande sich befinden. So bald aber Flüssigkeit hinzukommt, verbinden sich diese Theile näher unter einander, machen nach und nach eine zusammenhängende Masse aus, und verwandeln sich endlich in Stein. Es ist also die Flüssigkeit das Mittel, wodurch die noch unverbundenen erdigen Theile unter einander zu einem Ganzen verbunden werden. Es scheint überhaupt, daß die Natur hierbey chemisch wirke, und daß die Feuchtigkeit wenigstens zum Theil gleichsam als Krystallisationswasser in den Zustand der Festigkeit übergeht. Uebrigens ist leicht zu begreifen, daß, wenn auf eine solche Art eine Versteinerung Statt finden soll, Ruhe der sich zu einem Ganzen zu verbindenden Theilen erfordert werde.

Herr de Lüc traf in Piemont Sandhügel an, welche selbst nicht versteinert sind, aber eine Menge versteinertes Holz und Muscheln mit Steinkernen enthalten. Ohne Zweifel dringt hier die Feuchtigkeit zum Theil sehr schnell in den Sand ein, und wird zum Theil durch die Wärme in Dampf verwandelt, so daß folglich keine Ruhe der eindringenden Feuchtigkeit vorhanden ist, um die Sandtheile mit der Zeit in Stein zu verwandeln; dagegen wird die Feuchtigkeit, welche den feinsten Sand mit sich führt, im Innern des Holzes und der Muschelschalen aufgehalten und gleichsam zur Ruhe gebracht, wodurch die Theilchen Zeit gewinnen, sich mit einander innigst zu verbinden, und dadurch die Versteinerung zu vollenden.

Auch findet man in lockern Sandhügeln einzelne Sandsteine, welche aus dem Sande der Hügel zusammengesetzt sind. Diese Erscheinung erklärt sich daraus, daß das eindringende Wasser an manchen Stellen in seinem Laufe aufgehalten werde, und folglich zur Ruhe komme, wodurch die

Wirkung erfolgen kann. Nach und nach können sich alsdann noch mehrere Theile des Sandes an der einmahl angefangenen Versteinerung anlegen, und so mitten in lockern Sandhügeln Steinmassen erzeugen. Gewöhnlich haben sie eigene Gestalten, welche von der Feinheit und Gleichförmigkeit des Sandes abhängen. In einem Hügel zu Piemont waren solche Sandsteine rund, wie Boßkugeln, an andern Orten findet man sie mit Ramificationen, oder als große Blöcke, welche auf der Oberfläche gleichsam Basreliefs zeigen.

Herr de Lüc fand in Italien mitten in solchen Sandsteinen Conchylien, deren Kerne Agat waren, einige ganz ausgefüllt, andere inwendig nur mit Agatkrystallen überzogen, ihre Oeffnung aber mit der versteinerten Materie des Hügels (einem harten grauen Sande) verstopft. Dieser steinerne Deckel war an einigen übergetreten, wie ein über die Form ausgetretener Metallguß. Diese Erzeugung erklärt sich so. Der Hügel ist mit der Materie des Agats durchdrungen; nachdem nun die Mündung der Conchylien mit dem Sande des Hügels ausgefüllt war, so drang die Feuchtigkeit durch diesen Sanddeckel in die leeren innern Windungen hinein, und führte die feine Materie des Agats mit sich ein, bis endlich die Mündung ganz verstopft und versteinert war. Ist dieß spät erfolgt, so ist die ganze Schale mit Agat gefüllt; ist es aber früher geschehen, so sind nur die Wände mit Krystallen überzogen. Nach und nach hat sich nun auch von außen steinichte Rinde um die Schale angelegt, und endlich ein Sandstein erzeugt. Ueberhaupt trifft man in den meisten einzelnen Sandsteinen einen fremden Körper, welcher die erste Veranlassung zu der Versteinerung gegeben hat.

Uebrigens können die Materien, welche Körper durchdringen, und diese dadurch versteinern, gar mancherley seyn. Es kommt hier bloß darauf an, was für Materien die Feuchtigkeit mit sich bringt, und diese in die Körper absetzt. So führt die Feuchtigkeit meistentheils nur Kalkerde bey sich, und die daraus entstandenen Sandsteine und Steinkerne zerfallen

fallen im Scheidewasser, und werden dem Sande der Hügel gleich, wo sie sich gebildet haben; manchmahl enthält auch die Feuchtigkeit gypsartige Theile, und daraus entsteht in den Muschelschalen eine Art von Alabaster; bisweilen sind verschiedene Materien mit einander vermischt; bringen diese in organisirte Körper, so füllen sich die weitern Canäle mit den gröbern, und die engern mit den feinen aus. So gibt es versteinertes Holz mit Agatadern durchzogen. Manchmahl ist die Materie kiesig, wie man z. B. in England Conchylien findet, welche mit Kies überzogen sind, und aussehen, als ob sie von Bronze wären.

Bey Coalbrookdale in Shropshire haben die Farrenkräuter und andere Pflanzen die Veranlassung zu eisenhaltigen Concretionen gegeben. Bey Scarborough in Yorkshire haben Ammonshörner zur ersten Anlage der Versteinerungen gedient. Aus Grönland kommen Sandsteine, deren Kerne kleine Fische sind, von welchen noch die Skelette darin liegen, nach deren Form sich auch der äußere Umriß des Steines gebildet hat.

M. s. J. A. de Lüc physikal. und moralische Briefe über die Geschichte der Erde und des Menschen. Aus dem Franz. Leipzig, 1781. 8. B. I. Brief XVIII. S. 121. u. f.

Versuch (experimentum, expérience) heißt die Erfahrung, welche wir an den Körpern unserer Sinnenwelt machen, indem wir sie mit Fleiß in solche Umstände versetzen, in welchen sie sich von Natur nicht befinden, um wahrzunehmen, wie sie sich darin verhalten. So ist es ein Versuch, wenn man einen Körper unter die Glocke einer Luftpumpe bringt, um zu sehen, was vor Wirkungen er beym Verdünnen oder Verdichten der Luft hervorbringe.

Weil also Versuche Erfahrungen sind, welche wir an den Körpern durch unsere Sinne wahrnehmen, so muß auch dabey alles das gelten, was von den Erfahrungen überhaupt gilt, von welchen schon der Artikel, **Erfahrung**, handelt. Es ist daher nur nöthig, noch etwas weniges anzuführen, was die Versuche ins besondre angeht.

Es liegt am Tage, daß die Naturlehre, so wie sie sich jetzt in ihrem Zustande befindet, ihre Vollkommenheit größtentheils den Versuchen zu verdanken hat. Es ist auch der Natur der Sache völlig gemäß, daß gerade die Versuche, wenn sie mit gehöriger Genauigkeit, ganz unbefangen und mit richtiger Sachkenntniß sind angestellt worden, die Wirkungen der natürlichen Körper unter mancherley Umständen zu entdecken gewähren, welches von den Beobachtungen nicht gesagt werden kann. Eben weil es dem Experimentator in seiner Willkür steht, die Körper in einen Zustand zu versetzen, in welchen es ihm nur möglich ist, so hat er gleichsam die Natur unter seiner Herrschaft, die Körper zu nöthigen, Wirkungen hervorzubringen, welche sie sonst, wenn sie nicht in diesen Zustand wären versetzt worden, nie, oder doch wenigstens nicht jetzt und unter seinen Augen würden hervorgebracht haben. So sind also die Versuche den Beobachtungen vorzuziehen; denn die letztern kann der Beobachter nicht eher anstellen, als bis die Natur selbst Wirkungen hervorbringt, die er nur zu bemerken im Stande ist. Die Natur geht ihren sichern und richtigen Gang fort, und der Beobachter muß die Zeit, den Ort und die Umstände erst abwarten, ehe er die Wirkungen der natürlichen Körper beobachten kann; der Experimentator hingegen hat es in seiner Gewalt, zu jeder Zeit und unter ihm nur möglichen Umständen die Körper zur Hervorbringung der Wirkungen zu zwingen.

Die wichtigen Vorzüge, welche die jetzige Naturlehre vor der alten Physik hat, ist vorzüglich in den Versuchen zu suchen, welche der ehemahligen Physik gänzlich mangelten. Jetzt kennt man aber ihre Nothwendigkeit desto lebhafter, und selbst beym Unterrichte in der Naturlehre müssen zum wenigsten so viele Versuche angestellt werden, daß sie die vorgetragenen Lehren bestätigen. M. s. Experimentalphysik.

Dieserwegen sind auch dem Physiker zur Anstellung der nöthigen Versuche verschiedene Werkzeuge nöthig, welche mit den zur Beobachtung gehörigen Werkzeugen zusammengenom-

genommen den so genannten physikalischen Apparat oder die Experimentalgeräthschaft (suppellex physica, appareil de physique experimentale) ausmachen. Die vorzüglichsten dieser Werkzeuge sind an den gehörigen Stellen in diesem Wörterbuche beschrieben und abgebildet. Ausführlichere Beschreibungen physikalischer Instrumente nebst den damit angestellten Versuchen findet man in den meisten Anleitungen zur Experimentalphysik, besonders beym Wolff, Musschenbroek, Desaguliers, s'Gravesande, Nollet, Sturm und Sigaud de la Fond. M. s. Experimentalphysik. Nollet und Sigaud de la Fond haben außerdem eigene Schriften verfertigt, welche von den physikalischen Werkzeugen und Versuchen besonders handeln; ersterer gibt gute Vorschriften zu Verfertigung der Werkzeuge mit den damit angestellten Versuchen [α]), und letzterer stellt die Beschreibungen einer großen Menge von Werkzeugen und Versuchen zusammen [β]).

Die unter dem Artikel, Beobachtung, vorgeschriebene Regeln sind größtentheils auf die Anstellung der Versuche und der daraus abzuleitenden Folgen anwendbar. Sonst aber hat der Experimentator noch weit größere Vorsicht, Unpartheylichkeit und Sachkenntniß nöthig, als der Beobachter, damit er nicht mehr oder weniger sehe, als ihn die Versuche lehren können. Vorzüglich kommt es hierbey auf genaue und so einfach als möglich eingerichtete Instrumente an; denn mit fehlerhaften Instrumenten werden entweder die Versuche nie vollkommen, oder bringen wohl gar entgegengesetzte Wirkungen hervor. Es muß daher der Experimentator nicht allein eine genaue Kenntniß von der gehörigen Einrichtung guter Instrumente, sondern auch von ihrer richtigen Anwendung besitzen, und überhaupt die einfachsten Mittel gebrauchen, um zu seinem Zweck zu kommen. Außerdem

α) L'art des expériences à Paris, 1770. Tom. I–III. 12. Nollets Kunst, physikal. Versuche anzustellen. Aus dem Franz. Leipz. 1771. Th. I–III. 8.

β) Description et usage d'un Cabinet de physique expérim, à Paris, 1775. Tom. II, 8.

dem muß er aber auch alle Nebenumstände, welche bey der Anstellung der Versuche eintreten, von der Hauptsache genau zu unterscheiden, und sie, wo möglich, zu entfernen wissen, um das eigentlich zu suchende Resultat in der größe-möglichsten Vollkommenheit zu erhalten. Alles dieß setzt aber nicht ganz gemeine Kenntnisse und Naturfähigkeiten voraus. Regeln, welche vorzüglich bey der Anstellung der Versuche zu beobachten sind, geben unter andern Musschenbroek α) und Hamberger β), wiewohl die natürliche Anlage vor allem andern nöthig ist, um einen guten Experimentator zu bilden.

Versuch, Leidner s. **Flasche, geladene.**

Vertheilung (distributio, distribution). Mit diesem Worte bezeichnet man das Phänomen, bey welchem unter den Materien oder Kräften, welche in einem Körper zugegen sind, das Gleichgewicht so gestört wird, daß zwar ihre Summe ungeändert bleibt, sie selbst aber auf der einen Seite sich mehr, oder anders, als auf der andern zeigen. Diese Erscheinung wird der Mittheilung entgegengesetzt, bey welcher ein wirklicher Uebergang von Etwas aus dem einen Körper in den andern Statt zu finden, mithin die Summe der Materien oder Kräfte nicht mehr die vorige zu bleiben scheint. M. s. **Mittheilung.**

Merkwürdige Beyspiele von der Vertheilung kommen bey der Elektricität und dem Magnetismus vor, bey welchen die Gesetze derselben sehr viele Aehnlichkeit haben. Was die Vertheilung der Elektricität betrifft, so scheint sie in einem Bestreben nach Mittheilung oder einem wirklichen Uebergange zu bestehen, welcher nur wegen eines Hindernisses oder Widerstandes nicht erfolgen kann. Auch erfolgt die Mittheilung der Elektricität durch Ausströmen, Funken oder Schlag wirklich, wenn dieß Bestreben so groß geworden ist, daß

α) Oratio de methodo instituendi experimenta physica vor seiner Ausgabe der tentaminum Acad. del Cimento, Lugd. Batav. 1731. 4.
β) Praef. de cautione in experientiis recte formandis et applicandis adhibenda praemissa ed. III. element. phys. Ienae, 1741. 8.

daß es den Widerſtand überwinden kann; hierbey wird aber nun das Gleichgewicht wieder hergeſtellt, und die Vertheilung der Elektricität findet nicht mehr Statt. M. ſ. Elektricität. Die Vertheilung des Magnetismus hingegen verſtattet keine Mittheilung oder einen wirklichen Uebergang. Man redet zwar von einer Mittheilung des Magnetismus, aber nur in einem uneigentlichen Verſtande. M. ſ. Magnet.

Vertikal ſ. Lothrecht.

Vertikalkreis ſ. Scheitelkreis.

Vertikallinie ſ. Scheitellinie.

Verwandtſchaft, chemiſche, beſondere Anziehung, Wahlanziehung der Stoffe (affinitas, attractio electiua *Bergmann.*, affinité). Unter dieſem Ausdrucke verſteht man in der Chemie die durch die Erfahrung beſtätigte Erſcheinung, da ſich die verſchiedenen ungleichartigen Beſtandtheile der Körper in ihrer Berührung ſich innigſt mit einander verbinden (anzuziehen ſcheinen), und durch die Verbindung von zweyen oder mehreren ungleichartigen Theilen die Vereinigung zu einem dritten aufgehoben werden kann, welcher ſich vorher zu einem von jenen geneigter ſand. Man ſetze, daß zu einem aus zweyen ungleichartigen Beſtandtheilen A und B zuſammengeſetzten Körper ein anderer Stoff C geſetzt werde, der ſich gegen A geneigter zeigt, als dieſer gegen den vorher damit verbundenen B, ſo vereinigt ſich nun A und C zuſammen, und wenn die Verbindung von dieſen beyden keine Neigung mehr gegen B äußert, ſo wird dieſer abgeſchieden. Man drückt ſich hierüber ſo aus, A habe eine nähere oder ſtärkere Verwandtſchaft zu C als zu B, und zu dieſem folglich eine entferntere, ſchwächere, geringere Verwandtſchaft; und der Körper CA habe zu B gar keine Verwandtſchaft.

Die Urſache von dieſer Wirkung mag ſeyn, welche ſie will, ſo iſt doch ungezweifelt gewiß, daß ſie als Phänomen bey allen chemiſchen Operationen Statt findet. So verſchieden aber auch die chemiſchen Operationen ſind, ſo muß doch dieſe Wirkung von einerley Urſache abgeleitet werden, welche

ſich nur nach der verſchiedenen individuellen Natur der Materien ſtärker und ſchwächer, und nach Verſchiedenheit der Umſtände in gewiſſen Abänderungen zeigt. Dieſerwegen hat man mehrere Arten der Verwandtſchaften unterſchieden. Uebrigens iſt aber wohl zu merken, daß der Ausdruck Verwandtſchaft keines Weges die Urſache dieſer ſo auffallenden Wirkung anzeige, ſondern er iſt ein bloßes bequemes Zeichen, die Wirkung ſelbſt damit anzudeuten.

Man unterſcheidet **zuſammenhäufende Verwandtſchaft** (affinitas aggregatorum) und **miſchende Verwandtſchaft** (affinitas mixtionis, ſynthetica). Jene iſt das Beſtreben zur Vereinigung zwiſchen gleichartigen, dieſe zwiſchen ungleichartigen Stoffen, welche ſich dadurch zu einem homogenen Stoff verbinden. Soll ſich zwiſchen zwey ungleichartigen Stoffen eine Verwandtſchaft zeigen, ſo wird erfordert, daß wenigſtens einer von beyden flüſſig iſt. Wenn die Flüſſigkeit des einen oder auch beyder Stoffe ſchon bey der gewöhnlichen Temperatur der Atmoſphäre Statt findet, ſo ſagt man, die Verwandtſchaft zeige ſich **auf dem naſſen Wege**; wird aber hierzu erſt die Wirkung des Feuers erfordert, ſo zeigt ſich die Verwandtſchaft **auf dem trocknen Wege**.

Die einfachſte Art iſt die bloß **zuſammenſetzende Verwandtſchaft**, wo zwey oder mehrere ungleichartige Stoffe ſich zu einem homogenen Ganzen verbinden, ohne daß dabey zugleich eine Trennung eines oder des andern Beſtandtheils erſolgte. Hierher gehören alle ſimple Auflöſungen.

Ferner kann man einen Stoff A, welcher mit einem andern C gar keine Verwandtſchaft hat, doch mit dieſem vermöge eines dritten B in genaue Verbindung bringen, der mit beyden A und C nahe genug verwandt iſt. Henkel machte hierauf zuerſt aufmerkſam. Er nannte es eine **Aneignung** (appropriatio), und dieſe Art der Verwandtſchaft heißt daher die **aneignende Verwandtſchaft** (affinitas adiuta, appropriata), der Körper B aber, der die beyden andern

andern A und C mit einander vereinigt, das **Zwiſchenmittel**, das **aneignende Verwandtſchaftsmittel** (intermedium, corpus appropriaus). So ſind Oehle und Schwefel im Waſſer unauflöslich; durch Verbindung mit Laugenſalz aber verwandeln ſie ſich in Seifen und Schwefelleber, und löſen ſich als ſolche im Waſſer auf.

Die Verwandtſchaft der Körper dient auch zur Zerlegung derſelben. Dahin gehört der zuerſt angegebene Fall, wo ein dritter Stoff C ſich mit dem einen A von den zwey verbundenen A und B vereinigt, und den andern B ſich abzuſcheiden nöthigt. Dieß nennt man eine **Wahlverwandtſchaft**, und zwar eine **einfache** (affinitas electiua ſimplex), und weil hierbey immer eine Zerſetzung des vorigen Körpers, eine Abſcheidung eines Stoffs, und eine neue Zuſammenſetzung vorangeht, eine **zerlegende Verwandtſchaft mit einer einfachen Zuſammenſetzung** (affinitas analytica cum ſyntheſi ſimplici). So verbindet ſich z. B. der Eſſig ſehr leicht mit der Kreide, und löſet ſie auf. Bringt man zu einer ſolchen Auflöſung etwas reines Laugenſalz, ſo verbindet ſich ſogleich ein Theil vom Eſſig mit demſelben, und ſcheidet die Kreide ab.

Wenn zwey Körper A und B, deren jeder aus zwey ungleichartigen Stoffen, A aus a und b, B aus c und d zuſammengeſetzt iſt, mit einander in Verbindung kommen, und der Stoff a zu c eine nähere Verwandtſchaft hat, als zu b, und die Verwandtſchaft von c zu a auch ſtärker iſt, als die von c zu d, ſo muß ſich nunmehr a und c zu einem neuen Körper D vereinigen; wenn nun auch b und d nicht ohne Verwandtſchaft zu einander ſind, ſo treten ſie ebenfalls zu einem neuen Körper E zuſammen. Durch die gegenſeitige Vertauſchung ihrer Beſtandtheile werden alſo aus den Körpern A und B zwey neue Körper E und D entſtehen. Dieſe Art der Verwandtſchaft nennt man eine **doppelte Wahlverwandtſchaft**, oder eine **doppelte trennende Verwandtſchaft** (attractio duplex, affinitas analytica cum ſyntheſi duplici). Ein Beyſpiel hiervon iſt dieß: Glau-

 berſalz

berſalz (A) beſteht aus Vitriolſäure (a) und Mineralalkali (b); ſalzſaure Kalkerde (B) enthält hingegen die beyden Beſtandtheile Kalkerde (c) und Salzſäure (d); wenn nun A und B mit einander vermiſcht werden, ſo verbiodet ſich a mit c, und bildet Gyps (D); hingegen vereinigen ſich auch c und d, und bringen Kochſalz (E) hervor.

In dieſem angeführten Falle verhalten ſich die Stoffe b und d gleichſam nur leidend; aber nicht ſelten hat a und c keine größere Verwandtſchaft, ſondern noch eine geringere, und es würde keine Zerſetzung der beyden Körper A und B, bey ihrer Verbindung unter einander, entſtehen, wenn ſich b und d nicht auch wirkend erweiſen. Man ſetze, daß die Summe der Anziehungen zwiſchen a und c verbunden mit der Anziehung zwiſchen b und d ſtärker iſt, als die Summe der Anziehungen zwiſchen a und b und c und d zuſammen, ſo wird ebenfalls die Vertauſchung der Beſtandtheile der Körper A und B, und folglich eine doppelte trennende Verwandtſchaft Statt finden, ungeachtet a zu c, oder b zu d nicht ſo nahe verwandt iſt, als a zu b oder b zu a; b und d verhalten ſich aber in dieſem Falle nicht mehr leidend. Es kann alſo hierdurch geſchehen, daß zwey einfachere Stoffe die Trennung der Beſtandtheile eines andern Körpers hervorbringen können, die ſie nicht bewirken könnten, wenn ſie einzeln für ſich wirkten, weil ihre einzelnen Verwandtſchaften zu den Beſtandtheilen des andern Körpers geringer ſind, als die Verwandtſchaft dieſer Beſtandtheile des Körpers unter einander iſt. Man kann alſo in dergleichen Fällen nicht ſo unbedingt auf die Grade der Verwandtſchaft ſchließen, wie bey der einfachen Wahlanziehung.

Wenn ein Stoff A ſich geradezu mit einem andern B nicht vereinigt, doch aber, wenn A erſt mit C in Verbindung iſt geſetzt worden, die beyde gegen einander eine chemiſche Verwandtſchaft haben, ſich mit B vereinigt, und zwar eine ſo ſtarke Verwandtſchaft dann dagegen zeigt, daß er C von B wieder abſcheidet, ſo nennt man dieß eine **vorbereitende Verwandtſchaft** (affinitas praeparata). Herr

Gren

Gren erinnert aber hierbey ganz richtig, daß der Stoff A mit Vereinigung durch C erst eine gewisse Veränderung erleide, und einen Bestandtheil verliere, welcher ihn hindre, mit B eine Vermischung einzugehen. Im Grunde sey es daher eine einfache Wahlverwandtschaft.

Herr **Gren** setzt hierzu noch einen Fall, auf den man bisher eben nicht Rücksicht genommen habe, wo nähmlich ein Körper A mit zwey andern zusammen verbundenen Stoffen B und C eine genaue Vereinigung eingeht, unerachtet er mit keinem von beyden allein verwandt ist. Diese Art der complicirten Verwandtschaft könnte nach Herrn **Gren's** Vorschlag die **neuerzeugte Verwandtschaft** (affinitas producta) heißen; denn sie sey weder eine aneignende noch eine vorbereitende Verwandtschaft.

Stahl und **Henkel** legten zuerst den Grund zu richtigern Begriffen von der Verwandtschaft der besondern Stoffe gegen einander. Im Jahre 1718. entwarf **Geoffroy** [α]) zuerst eine Tabelle über die Wirkungen der vorzüglichsten Verbindungen und Zersetzungen der Stoffe. Nachher hat man solchen Tafeln den Nahmen der **Verwandtschaftstafeln** gegeben. Man hat aber erst in den neuern Zeiten angefangen, mehrere Erfahrungen hierüber zu sammeln, und **Stufenleitern** oder **Tafeln der einfachen Wahlverwandtschaften** zu entwerfen, in welchen man die einfachern Stoffe nach ihrer stärkern oder geringern Verwandtschaft zu einem Stoffe in einer Stuffenfolge ordnet, welches der Kürze wegen auch wohl durch Zeichen in Columnen geschieht. Nach **Geoffroy** haben vorzüglich **Gellert** [β]), **Rüdiger** [γ]), **Marherr** [δ]), **Erxleben** [ε]) und **Weigel** [ζ]) diesen Gegenstand zu erweitern und zu verbessern gesucht, bis endlich in der

α) Table des différens rapports observé en chymie etc. in den mém. de Paris 1718. u. 1720.
β) Anfangsgründe der metallurgischen Chymie. Leipz. 1751. 1776. 8.
γ) Systemat. Anleit. zur Chymie. Leipz. 1756. 8.
δ) Diss. de affinitate corporum. Vindob. 1762. 8. übers. durch Ernst Gottf. Baldinger. Leipz. 1764. 8.
ε) Anfangsgründe der Chymie. § 42. f.
ζ) Grundriß der Chymie. Th. I. Tab. III–IV. S. 259–281.

der neueſten Epoche der Chemie die Lehre der Verwandtſchaft durch **Wenzel** α), **Wiegleb** β), **Bergmann** γ), **Kirwan** δ), **Morveau** ε) und **Gren** ζ) ungemein bereichert wurde.

Die Stufenleitern der Wahlverwandtſchaften werden entweder ſo geordnet, daß man denjenigen Körper, welcher dem in der Aufſchrift erwähnten am entfernteſten verwandt iſt, zuerſt geſetzt, und hierauf die übrigen, nach ihren Graden der Verwandtſchaft, in herauffſteigender Ordnung ſo folgen läßt, daß der ſpäter genannte dem in der Aufſchrift erwähnten Körper immer näher verwandt iſt, als der eher genannte a): oder umgekehrt b). Z. B.

a) Scheidewaſſer	b) Scheidewaſſer
20. Waſſer	1. Schwererde
19. Silber	2. feuerbeſtänd. Laugenſalz
18. Queckſilber	3. Kalkerde
17. Arſenik	4. Talkerde
16. Spiesglanz	5. flüchtiges Laugenſalz
15. Wismuth	6. Thonerde
14. Kupfer	7. Zink
13. Zinn	8. Eiſen
12. Bley	9. Braunſtein
11. Nickel	10. Kobald
10. Kobald	11. Nickel
9. Braunſtein	12. Bley

8. 13.

α) Lehre von der Verwandtſchaft der Körper. Dresd. 1777. 8.
β) Reviſion von der Verwandtſchaft der Körper. Erf. 1780. 8.
γ) De attractionibus electiuis in Ejusd. opuſ. phyſico-chymicis. Vol. III. p. 291. ſq.
δ) Phyſiſch chemiſche Schriften. Aus dem Engl. von Crell. Berlin, 1783 – 1793. 4 Bände.
ε) Des Herrn Guyton Morveau allgemeine theoretiſche und praktiſche Grundſätze der chemiſchen Affinität oder Wahlanziehung. Aus dem Franz von Dav. Joſ. Veit. Mit Anmerk. von S. F. Hermbſtädt. Berlin, 1794. 8.
ζ) Syſtematiſches Handbuch der geſammten Chemie. Th. IV. 1796. 8. S. 151. f. Deſſelben Grundriß der Chemie. Th. II. Halle, 1796. S. 337. f.

8. Eiſen	13. Zinn
7. Zink	14. Kupfer
6. Thonerde	15. Wismuth
5. flüchtiges Laugenſalz	16. Spiesglanz
4. Talkerde	17. Arſenik
3. Kalkerde	18. Queckſilber
2. feuerbeſtänd. Laugenſalz	19. Silber
1. Schwererde.	20. Waſſer

Da bey allen Verwandtſchaften eine chemiſche Trennung, oder eine neue chemiſche Zuſammenſetzung, oder auch beydes zugleich, mithin eine Veränderung in der Qualität der Stoffe erfolgt, ſo begreift man ſehr leicht, daß es mit Schwierigkeiten verbunden iſt, die Stoffe in Anſehung ihrer Verwandtſchaft, in gehörige Stufenfolge tabellariſch zu ordnen. Dieß erkannte man auch ſehr bald, als man anfing die Lehre von der Verwandtſchaft etwas genauer zu beleuchten. Daher auch der Graf von Büffon α) den Chemikern vorwarf, daß ſie eben ſo viele kleine beſondere Verwandtſchaftsgeſetze annähmen, als es beſondere Fälle bey den Trennungen und Verbindungen der Körper gäbe; und Monnet β) nannte die ganze Lehre von der Verwandtſchaft eine Chimäre, welche der eigentlichen Wiſſenſchaft gar keinen Eintrag thue. Dagegen vertheidigte aber ſchon Macquer dieſe Lehre mit Nachdruck. Noch weit größeres Licht erhielt ſie vorzüglich durch Bergmann's Bemühungen, welcher durch den Unterſchied zwiſchen Verwandtſchaften auf naſſem und trockenem Wege mehrere anſcheinende Widerſprüche ſehr glücklich hob. Er zeigte ganz deutlich, daß die ſcheinbaren Ausnahmen keines Weges als Einwürfe gegen die ganze Lehre der Verwandtſchaften anzuſehen wären, und daß bey den mehrfachen Wahlverwandtſchaften der Schluß gar nicht unbedingt gelte, daß diejenigen Stoffe, welche in eine Verbindung zuſammen treten, näher mit einander verwandt wären, indem dabey eine Trennung ſolcher Stoffe vorgehen könne,

α) Supplement à l'hiſtoire natur. T. I. Paris. 1775.
β) Traité de la diſſolution des métaux. Amſt. et Paris, 1775. 8.

könne, welche unter sich eine nähere Verwandtschaft hätten, als diejenigen, die sich wirklich mit einander verbänden. Wenn z. B. eine Auflösung von Glaubersalz mit Kalksalpeter vermischt wird, so verbindet sich die Kalkerde des letztern mit der Schwefelsäure des erstern, und wird als Gyps abgeschieden. Hieraus würde man aber irrig schließen, daß die Schwefelsäure eine größere Verwandtschaft gegen die Kalkerde, als gegen das Mineralalkali, besitze. Die Versuche mit einfachen Wahlanziehungen lehren das Gegentheil; denn die Auflösung des Glaubersalzes wird durch reine Kalkerde nicht zerlegt, da hingegen die Auflösung des Gypses durch Mineralalkali allerdings zerlegt wird. Bey jenem Versuche ward daher die Schwefelsäure nur dieserwegen vom Mineralalkali getrennt, weil diese beyden Stoffe von zweyen Kräften zugleich angegriffen wurden, nähmlich von der Anziehung der Kalkerde gegen die Schwefelsäure, und von der Anziehung der Salpetersäure gegen das Mineralalkali.

Um also keine anscheinende Widersprüche in der Stufenfolge der Verwandtschaften zu veranlassen, so sollten die Verwandtschaftstafeln sich nur auf solche Versuche gründen, welche mit einfachen Stoffen wären angestellt worden. Allein wie wenig vermag es die Chemie, solche mit Gewißheit darzustellen? Bey den großen Fortschritten der Chemie seit **Bergmann's** Zeiten haben sich wieder die Facta so sehr vervielfältigt, und sind so viele neue Stoffe entdeckt, oder wenigstens in neuen Verbindungen untersucht worden, daß auch die damahls aufgestellten Classificationsarten der einfachen Wahlverwandtschaften nicht mehr zureichend sind, die Phänomene darunter zu ordnen, welche man sonst darunter ordnete, und daß von neuen dabey Schwierigkeiten und Widersprüche eintreten. Wenn es aber auch wirklich möglich wäre, die Stoffe ganz rein darzustellen, so würde doch der Einfluß der Wärme die Resultate ungemein abändern, je nachdem diese Stoffe mehr oder weniger mit dem Wärmestoffe verwandt sind, und nachdem dieser eine größere oder geringere Fähigkeit besitzt, jene in expansible Flüssigkeiten,

in

in Dämpfe oder Gasarten, zu verwandeln. Denn alle einfache Wahlverwandtschaften auf trocknem Wege, wobey der eine Stoff in elastischer Form geschieden wird, sind in der That doppelte Wahlverwandtschaften; hierbey macht der Wärmestoff das vierte Glied in der Formel aus. Wenn z. B. Phosphorsäure mit Kochsalz vermischt wird, so verbindet sich das Mineralalkali des Kochsalzes mit der Phosphorsäure zum phosphorsauren Mineralalkali, und der Wärmestoff mit dem Salzigtsauren tritt als salzigtsaures Gas aus; folglich ist hier keine einfache, sondern eine doppelte Wahlverwandtschaft. Uebrigens ändert es auch dabey nichts, der Wärmestoff mag entweder erst von außen hinzukommen, oder sich aus den Stoffen selbst entwickeln.

Nach Herrn Gren's Meinung ist auch folgender Satz eine höchst wichtige Berichtigung in der Verwandtschaftslehre, daß die für sich nicht darstellbaren Stoffe nie durch einfache, sondern immer durch doppelte Wahlverwandtschaften von ihren respektiven Verbindungen getrennt werden, und daß es folglich keine Stufenfolge der einfachen Wahlverwandtschaft für diese Stoffe gebe. Dieser Satz, sagt er, den man freylich anfänglich paradox finden würde, folge dessen ungeachtet aus der Nichtdarstellbarkeit dieser Stoffe selbst; denn sie würden ja für sich allein und ohne Verbindung mit andern darstellbar seyn, wenn sie durch einfache Wahlverwandtschaften von ihren Verbindungen mit andern geschieden werden könnten.

So wichtig die Verwandtschaftslehre für die Chemie ist, indem alle Scheidungen durch Hülfe der Wahlverwandtschaften erfolgen, und nie zwey mit einander zu einem homogenen Ganzen verbundene Stoffe getrennt werden können, ohne daß nicht der eine oder der andere eine neue Zusammensetzung einginge, so folgt doch aus dem bisher Angeführten, daß wir noch viel zu weit zurück sind, um an allgemeine Verwandtschaftsgesetze zu gedenken. Die Ungewißheit, welche noch bey dieser Lehre obwaltet, hat ihren Grund bloß darin, daß sich die Wirkungen, welche die Stoffe gegen einander in

Berüh-

Berührung ausüben, nicht nach der Maſſe, ſondern nach innern Eigenſchaften der Materie richten.

Die meiſten Atomiſtiker ſuchen den Grund der Verwandtſchaften der verſchiedenen Stoffe gegen einander in der Form, der Lage, der Dichtigkeit u. ſ. ſ. der kleinſten Theile derſelben. Vorzüglich hat Herr le Sage ſein Lehrgebäude einer mechaniſchen Chemie darauf gebauet. Allein ich ſehe daraus nicht, wie die Stoffe, die ſich mit einander verbinden, in ihren Qualitäten geändert werden können, da doch offenbar nichts weiter als eine Zuſammenhäufung der kleinſten Theilchen in gewiſſen Lagen erfolgen kann.

Andere ſuchen den Grund der Verwandtſchaften in der Gleichartigkeit oder Aehnlichkeit der Grundſtoffe. Dieſer Behauptung iſt aber die Erfahrung entgegen, daß, wenn ſich zwey Stoffe bis zum Sättigungspunkte mit einander verbunden haben, das hieraus entſtehende Gemiſch, aller Gleichartigkeit ungeachtet, ſich nicht leicht mit einem ſeiner ſeiner Beſtandtheile überſetzen läßt. Ueberdieß wird es auch hieraus ſehr ſchwer begreiflich, wie aus lauter gleichartigen Theilen ſo mancherley Gemiſche entſtehen können.

Nach der dynamiſchen Lehre, nach welcher ſich zuletzt alle Phänomene in Anziehung und Zurückſtoßung auflöſen, liegt der Grund der Verwandtſchaft in der Anziehung und Zurückſtoßung der Stoffe, welche mit einander in Berührung kommen. Da es nun unendlich verſchiedene Grade der Anziehung und Zurückſtoßung geben kann, ſo läßt es ſich auch hiernach einſehen, wie bey verſchiedenen Temperaturen Abänderungen in den Verwandtſchaften erfolgen müſſen. Meiner Meinung nach ſcheint alſo dieſe Lehre auf richtigere und beſtimmtere Geſetze, als die atomiſtiſche, zu führen, nur müſſen die Erfahrungen mehr, als bisher geſchehen, ohne Vorurtheile darnach abgemeſſen zu werden.

M. ſ. Macquer chemiſches Wörterbuch durch Leonhardi. Artikel, Verwandtſchaft, Gren ſyſtematiſches Handbuch der geſammten Chemie. Th. I. Halle, 1794. 8. §. 41.

§. 41. f. Th. IV. Halle, 1796. S. 143. f. Dessen Grundriß der Chemie. Th I. Halle, 1796. 8. §. 45. f.

Verwandtschaftsmittel, aneignendes s. Zwischenmittel, Verwandtschaft.

Verwesung s. Fäulniß.

Vesicularsystem (systema vesiculare, système vesiculaire). Mit diesem Ausdrucke bezeichnet man dasjenige System, nach welchem das Aufsteigen der Dünste in die Atmosphäre, und die Erhaltung derselben in Gestalt des Nebels und der Wolken, aus der Entstehung hohler Bläschen erklärt wird. Schon lange hat man behauptet, daß die sichtbaren Dünste, oder der Nebel und die Wolken aus solchen Bläschen bestehen, ohne darüber Erfahrungen zu haben. Derham *) scheint der erste gewesen zu seyn, welcher gezeigt hat, daß die aufsteigenden Dünste wirklich aus solchen kleinen Bläschen bestehen. Sein Verfahren, wie man sie zu sehen bekommen kann, ist dieses: man läßt in ein verfinstertes Zimmer durch eine sehr kleine Oeffnung das Sonnenlicht hineinfallen. Unter diesen Strahl setzt man einen kleinen Kessel mit siedendem Wasser, aus welchem der Dunst aufsteigt, und durch den Strahl hindurch fährt. Indem auf solche Art der Dampf vom Sonnenlichte stark erleuchtet wird, betrachtet man ihn vermittelst eines Vergrößerungsglases; hier sieht man sehr deutlich die aufsteigenden Bläschen, welche der Größe nach gar sehr von einander verschieden sind. Was aber die unsichtbaren Dünste betrifft, so halten einige dieselben für eine wahre Auflösung des Wassers in Luft, andere aber glauben, daß sie durch Einwirkung uns noch unbekannter Stoffe, besonders aber der Wärme, in wahre Luft verwandelt würden, noch andere endlich meinen, sie blieben wirklich als Bläschen mit den Lufttheilchen adhärirend. Nur alsdenn, wenn die Dünste sichtbar werden, nehmen sie alle an, daß sie als Bläschen zugegen sind. Das Wesentlichste aus dem Vesicu-

*) Physico-theology. Lond. 1711. 8. cap. V. n. 2. Deutsch. Hamburg, 1732. 8.

Vesicularsystem findet man unter den Artikeln, **Ausdünstung** und **Dämpfe.**

Vexirbecher s. **Heber.**

Vibration s. **Schwingung.**

Vibrationssystem (systema vibrationis, système de vibration). Durch diesen Ausdruck versteht man überhaupt eine jede Lehre, welche gewisse Erscheinungen aus Schwingungen erklärt, die sich in einem elastischen Mittel fortpflanzen. Daß sich der Schall in der Luft und in andern elastischen Körpern auf diese Art fortpflanzt, ist völlig ausgemacht. M. s. **Schall.**

Auf eine ähnliche Art hat man auch die Entstehung des Lichts durch Schwingungen oder Schläge einer äußerst feinen elastischen Materie herzuleiten gesucht. Man findet diesen Gedanken schon beym **Aristoteles**; in den neuern Zeiten ist er aber besonders von **Huygens** und vorzüglich von **Euler'n** weiter ausgeführt und sehr einnehmend auf die neuern Entdeckungen über Licht und Farben angewendet worden. Diese Theorie des Lichts ist besonders unter dem Nahmen des **Vibrationssystems** bekannt, und wird dem newtonischen **Emanations-** oder **Emissionssystem** entgegengesetzt, nach welchem das Licht als wirkliche Ausflüsse aus dem leuchtenden Körper betrachtet wird. M. s. **Emanationssystem.** Von beyden Systemen handeln die Artikel, **Licht. Farben.**

Auch haben einige berühmte Naturforscher die Erscheinungen des Feuers von Schwingungen herleiten wollen. Allein seitdem die Umstände bey den Verbrennungen, Verkalkungen u. s. durch unläugbare Thatsachen näher sind bestimmt worden, so kann diese Meinung gar nicht mehr Statt finden. M. s. hiervon den Artikel, **Wärme.**

Vitriol (vitriolum, vitriol). Unter diesem Nahmen versteht man im allgemeinsten Verstande eine Art von Mittelsalzen, welche aus Schwefelsäure und einer metallischen Grundlage zusammengesetzt sind. Ins besondere rechnet man

dahin

dahin drey Arten schwefelsäurehaltiger metallischer Salze, nähmlich **Eisenvitriol, Kupfervitriol** und **Zinkvitriol.**

Eisenvitriol, grüner Vitriol, grünes Kupferwasser, schwefelsaures Eisen (vitriolum Martis, viride, anglicum, ferrum sulphuricum, sulphas ferri, vitriol de Mars ou d'Angleterre, vitriol verd, sulfate de fer) ist ein schön grünes eisenhaltiges Salz in durchsichtigen rhomboidalischen Krystallen, von einem säuerlich zusammenziehenden, etwas kaustischen, Geschmacke. Diese Krystalle enthalten in ihrem vollkommensten Zustande nach **Bergmann** 0,23 Eisen, 0,39 Schwefelsäure und 0,38 Krystallisationswasser, und erfordern bey mittlerer Temperatur 6 Theile Wasser zu ihrer Auflösung, vom siedenden Wasser nur ¾ Theile. Dieses Salz läßt sich gewinnen, wenn man Eisen in Schwefelsäure auflöset, die Auflösung abdampft und erkalten läßt. Den gemeinen verkäuflichen Eisenvitriol verfertigt man nicht unmittelbar aus Eisen und Schwefelsäure, sondern gewinnt ihn vielmehr mehrentheils aus den Schwefelkiesen, aus welchen er sich durch ihre Verwitterung an der Luft bildet. Eben so gewinnt man ihn auch auf den Schwefelhütten aus den übrig bleibenden Schwefelbränden. Gewöhnlich ist dieser gemeine Vitriol kupferhaltig, woher er eine mehr oder weniger ins Blaue fallende Farbe hat. Man reinigt ihn dadurch, daß man Eisen in die Auflösung bringt, an welches sich das Kupfer ansetzt. Die Krystalle des Eisenvitriols sind an der Luft nicht beständig, sondern zerfallen, besonders in der Wärme, zu einem weißen Pulver, welches in stärkerer Wärme nach und nach gelblich wird. Bringt man den grünen Vitriol in einem irdenen oder eisernen Gefäß über das Feuer, so zergeht er in seinem Krystallisationswasser, und verwandelt sich beym Abdampfen desselben in ein weißgraues, und beym fortgesetzten Brennen in ein gelbes, und endlich in ein rothes Pulver. Dieser Vitriol wird vorzüglich in der Färberey und zur Bereitung des so genannten Vitriolöhls gebraucht.

Kupfervitriol, blauer Vitriol, cyprischer Vitriol, blaues Kupferwasser, schwefelsaures Kupfer

 (vitrio-

(vitriolum Veneris s. cupri, cyprium, caeruleum, cuprum vitriolatum, sulphuricum, sulphas cupri, vitriol de cuivre, bleu, sulfate de cuivre) ist ein kupferhaltiges Salz in länglich rautenförmigen Krystallen, von einem säuerlich zusammenziehenden, ätzenden und widrigen Geschmacke. An der Luft verlieren sie spät ihren Glanz, und werden mit einem weißlichen Pulver beschlagen. Bey dem 50 Grad der Wärme nach Fahrenh. erfordern sie 3,870 Theile Wasser zu ihrer Auflösung, von siedendem Wasser brauchen sie weit weniger. Nach **Bergmann** enthalten sie 0,26 Theile Kupfer, 0,46 Theile Schwefelsäure, und 0,28 Theile Krystallisationswasser. Diesen Vitriol kann man aus der Auflösung des Kupfers in Schwefelsäure gewinnen. Den meisten bereitet man aber entweder aus den gerösteten und zerfallenen Kupferkiesen, oder aus dem gerösteten Kupferrohsteine, so wie er sich auch aus dem mit Schwefel gebrannten und gerösteten Kupfer gewinnen läßt. Natürlich findet sich der Kupfervitriol nur selten entweder in fester Gestalt, oder aufgelöset, als Cementwasser. Im Feuer zergeht der krystallinische Kupfervitriol wegen des darin enthaltenen Wassers mit ziemlichen Aufschwellen; er wird hierauf fest, und läßt nur bey einem sehr starken Feuer in Destillirgefäßen einen Theil seiner Säure fahren.

Zinkvitriol, weißer Vitriol, weißes Kupferwasser, Gallitzenstein, schwefelsaurer Zink (vitriolum zinci, album, zincum sulphuricum, sulphas zinci, vitriol de zinc, blanc, sulfate de zinc) ist ein zinkhaltiges Salz in schönen weißen, vierseitig-säulenförmigen Krystallen, wovon zwey entgegengesetzte Seitenflächen breiter, als die andern, sind, mit vierseitigen pyramidalischen Endspitzen, von zusammenziehendem, säuerlichem und beitzendem Geschmacke. Dieser Vitriol enthält nach **Bergmann** 0,20 Zinkkalk, 0,40 Schwefelsäure, und 0,40 Krystallisationswasser. Er gebraucht bey dem 50 Grad der Wärme nach Fahrenh. 2,285 Theile Wasser zu seiner Auflösung, vom siedenden Wasser weniger. An der Luft verwittert

tert er nur wenig. Den weißen Vitriol bereitet man in Goslar im Großen aus einem Rammelsbergischen Zinkerze, welches Bley, Silber, viel Schwefel, Eisen und Kupferkies enthält. Der verkäufliche weiße Vitriol ist gewöhnlich nicht ganz rein; sondern enthält Eisen, Kupfer, und auch wohl etwas Bley. Durchs Krystallisiren läßt er sich davon nicht reinigen; wohl aber dadurch, daß man seine Auflösung mit regulinischem Zink digerirt, wodurch jene Metalle niedergeschlagen werden. Dieser Vitriol ist schon lange bereitet worden, ehe man noch seine wahre Zusammensetzung kannte, welche der jüngere Geoffroy [a]) muthmaßete, aber erst von Brandt [b]) zuverlässig entdeckt worden ist. In der Hitze zergeht er in seinem eigenen Krystallisationswasser, schäumt, schwellt dabey stark auf, und hinterläßt eine strengflüssige Masse, aus welcher sich nur bey einem anhaltenden starken Feuer die Säure verjagen läßt. Bey der Destillation erhält man daraus anfänglich eine schwache schweflichte Säure, welche aber gegen das Ende der Destillation in der stärksten Hitze im concentrirten Zustande gewonnen wird.

M. s. Gren systematisches Handbuch der gesammten Chemie. Th. III. Halle, 1795. 8. §. 2977. f. §. 2688. f. §. 3222. f.

Vitrioläther, Vitriolnaphtha. s. Aether.

Vitriolgeist s. Schwefelsäure.

Vitriolöhl s. Schwefelsäure.

Vitriolsaure Luft s. Gas, vitriolsaures.

Vollmond (plenilunium, pleine lune). Mit diesem Worte bezeichnet man die Erscheinung der ganz erleuchteten Mondscheibe, oft aber auch die Zeit selbst, da er völlig erleuchtet gesehen wird. M. s. Mondphasen.

Wir sehen den Mond nur alsdann voll, wenn er uns gerade diejenige Hälfte seiner Kugel zukehrt, welche er zu gleicher Zeit gegen die Sonne wendet, oder mit dieser in Opposition ist. In dieser Stellung geht der Mond auf, wenn die

[a]) Mémoir. de Paris. 1727.

[b]) Abhandl. von den Halbmetallen, aus den Abhandl. der Gesellsch. der Wissensch. zu Upsala. B. IV. J. 1735. S. 1. übers. in Crells neuen chem. Archiv. B. II. S. 294.

die Sonne untergeht, und geht unter, wenn diese aufgeht; folglich ist er die ganze Nacht hindurch sichtbar. Weil der Mond im Vollmonde von der Sonne senkrecht beschienen wird, so werden natürlich diejenigen Erhabenheiten, welche um die Mitte der Mondscheibe liegen, auf den benachbarten Grund einen sehr kurzen Schatten werfen können. Daher kommt es, daß man im Vollmonde überhaupt wenig volle Schatten sieht, und daß die Flecken zu dieser Zeit ein ganz anderes Ansehen haben, als wenn sie in den übrigen Mondphasen nahe an der erleuchteten Gränze betrachtet werden.

Da der Erdschatten alle Mahl der Sonne gegen über fällt, so kann auch dieser den Mond nicht eher, als wenn er mit der Sonne in Opposition oder voll ist, treffen; mithin wird auch keine Mondsinsterniß entstehen können, als zur Zeit des Vollmondes.

Der Vollmond fällt übrigens gerade in die Mitte eines jeden Mondwechsels, oder im Durchschnitt genommen, nach 14 Tagen 18 Stunden 22 Minuten nach dem Augenblicke des Neumondes. Er halbirt die nach einander folgenden Veränderungen des Mondes so, daß vor ihm der Mond zunehmend, nach ihm aber abnehmend ist; daß er vor ihm des Abends sichtbar ist, und in der Nacht untergeht, nach ihm aber in der Nacht aufgeht, und bis zu Sonnenaufgang sichtbar bleibt.

Volumen, Inbegriff, körperlicher Inhalt, Umfang (volumen, volume). Hierunter versteht man die Größe des Raums, den ein Körper einzunehmen scheint. Mit der Vorstellung des Körperlichen ist die Vorstellung des Raums unzertrennlich verbunden, obgleich die Idee vom Raume in der Einbildungskraft zurück bleibt, wenn man sich auch die Materie aus selbigem hinweggedenkt. Diesen Raum nennt man den geometrischen Raum, dessen Gränzen auf die Begriffe von Flächen, Linien und Punkten führen. Man denkt sich den geometrischen Körper als eine stetige ausgedehnte Größe, oder als eine solche, welche allenthalben Theile enthält. Die Geometrie zeigt die Regeln, nach welchen

chen dieser Raum in bekannten Cubikmaßen gefunden werden könne.

Ob nun gleich der Geometer mit Recht den Raum als eine stetige ausgedehnte Größe annimmt, so folgt daraus doch nicht, daß auch die Materie ihren Raum mit Stetigkeit erfülle. Die Atomistiker behaupten auch wirklich, daß das Erfüllen des Raums bey allen Körpern nur Schein sey. Denn bey der Voraussetzung der absoluten Undurchdringlichkeit der Materie würde die Behauptung des stetigen Erfüllens ungereimt seyn, indem es vermöge der Erfahrung keinen einzigen Körper gibt, der nicht durch fremde Kräfte zertheilt werden könnte. Daher sind die Atomistiker gezwungen, eine eingestreuete Leere anzunehmen, wenn auch gleich Körper existiren, bey welchen weder durchs bloße noch auch durchs bewaffnete Auge Zwischenräume wahrgenommen werden. Indessen kommen alle diese Zwischenräume bey der Betrachtung des Volumens in gar keine Betrachtung, indem selbiges, als geometrischer Raum, so bestimmt wird, als ob es der Körper ganz erfüllte.

Nach der dynamischen Lehre, nach welcher die Materie nicht absolut undurchdringlich ist, können die Theile des Körpers eben so, wie die Theile des Raums, den Raum, mithin mit Stetigkeit erfüllen. In diesen Fällen gibt der Inhalt des Volumens zugleich die Menge der Materie, oder die Masse, welche im Volumen enthalten ist, an.

Der physische Körper hat gewöhnlich diejenige Form nicht, welche erfordert wird, um sein Volumen nach den Regeln der Elementargeometrie unmittelbar zu berechnen. Inzwischen läßt es sich doch mittelbarer Weise durch die Geometrie bestimmen, indem man nähmlich den Körper in ein solches Gefäß, das sich geometrisch berechnen läßt, bringt, hierüber alsdenn Wasser, wenn dieses den Körper nicht auflöset, oder feines Pulver, als Sand u. dergl. schüttet, bis es ganz in selbigem eingetaucht ist. Hiernächst wird der Inhalt, welchen der Körper mit dem Flüssigen zusammen enthält, berechnet, und von diesem derjenige Inhalt, den das Flüssige noch der

 Heraus-

Herausnahme des Körpers allein einnimt, subtrahirt; der Rest gibt das Volumen des Körpers an. Sonst ist es auch in der Experimentalphysik nicht ungewöhnlich, das Volumen der Körper durch mechanische und hydrostatische Methoden zu bestimmen. Weiß man z. B. daß ein Cubikzoll von einer gewissen Materie $2\frac{1}{2}$ Loth wiegt, und daß das Gewicht einer Masse von derselben Materie 24 Loth ausmacht, so wird das Volumen der letztern $= \frac{24}{2\frac{1}{2}} = 9\frac{3}{5}$ Cubikzoll enthalten; denn die Volumina gleichartiger Massen verhalten sich, wie ihre Gewichte.

Die Vergleichung des Gewichts mit dem Volumen des Körpers leitet auch auf den Begriff des specifischen Gewichtes. M. s. Schwere, specifische. Gleich große Würfel von Holz und Eisen haben einerley Volumen, aber ungleiche Gewichte, indem der eiserne Würfel mehr, als der hölzerne, wiegt, und daher specifisch schwerer, als letzterer, ist. Gewöhnlich nimmt man auch an, daß sich die Gewichte der Körper, wie ihre Dichtigkeiten verhalten, mithin ließe sich auch aus der Vergleichung des Volumens mit dem Gewichte der Körper ihre Dichtigkeit bestimmen. Dieß letztere kann jedoch nicht anders Statt haben, als wenn man die Voraussetzung annimmt, daß die primitive Materie gleichartig ist. M. s. Dichtigkeit.

Auch pflegt man wohl das Volumen des Körpers seinen Umfang zu nennen. Doch bezeichnet dieser Ausdruck vermöge seiner eigentlichsten Bedeutung nicht so wohl den körperlichen Inhalt des Raums, als vielmehr die Gränzen, in welche geometrische Figuren und Körper eingeschlossen sind. So machen die Linien zusammen genommen, welche eine Figur umschließen, den Umfang derselben aus, so wie die Flächen, die einen körperlichen Raum einschließen, ebenfalls den Umfang desselben bestimmen. Es ist daher dem Sprachgebrauche gemäßer, das Wort Umfang nicht in demjenigen Sinne, da es einen körperlichen Raum ausdrücken soll, zu gebrauchen.

Vorderglas, Objektivglas s. Fernrohr.

Vorrücken der Nachtgleichen (praecessio s. anticipatio aequinoctiorum, précession des équinoxes). Unter diesem Ausdrucke versteht man in der Astronomie diejenige scheinbare, ungemein geringe Bewegung aller Fixsterne, da sie sich in Kreisen mit der Ecliptik parallel um die Pole desselben zu drehen scheinen. Es ändern also die Fixsterne nach und nach ihre Länge, da indeß ihre Breite ungeändert bleibt.

Man stelle sich vor, (fig. 18.) e f sey die Ecliptik, a b der Aequator, und der Durchschnittspunkt ♈ der Anfangspunkt der Ecliptik, von welchem die Länge der Sterne zu zählen angefangen wird. Wenn nun vor einer Reihe von Jahren der Stern α, da er senkrecht unter ♈ stand, die Länge o hatte, jetzt aber eine Länge von 24 Graden, so kann dieß entweder daher rühren, weil der Stern α von der Zeit an bis jetzt wirklich nach der Ordnung der Zeichen von α bis g mit der Ecliptik parallel um 24 Grade fortgerückt ist, indem ♈ unverändert in h blieb, oder es kann daher kommen, weil sich der Punkt ♈ in der Ecliptik selbst 24 Grad gegen die Ordnung der Zeichen von h bis i fortgeschoben hat, indem der Stern α unbewegt geblieben ist. Jene Bewegung mußten die Vertheidiger der ptolomäischen Weltordnung annehmen; weit richtiger aber findet die andere nach der copernicanischen Weltordnung Statt; denn es wird wohl schwerlich noch jemand glauben, daß die unzählbaren und von unserer Erde unermeßlich weiten Fixsterne, bloß in Rücksicht der Erde, als eines Punktes in Vergleichung mit dem unermeßlichen Himmelsraume, eine gemeinschaftliche Bewegung besitzen sollten, da die ganze Erscheinung so leicht und ungezwungen aus dem copernicanischen Systeme folgt. Die Richtung von h nach i ist zwar der Ordnung der Zeichen entgegen, und die Bewegung des Punktes ♈, so wie des gegenüberstehenden Punktes der Ecliptik oder der beyden Nachtgleichen, eigentlich ein Rückwärtsgehen; man hat ihr aber gleichwohl den Nahmen des Vorrückens der Nachtgleichen

gegeben. Indessen scheint es aber doch jetzt vorzüglich unter den deutschen Astronomen immer gewöhnlicher zu werden, diese Erscheinung bestimmter das Rückwärtsgehen der Nachtgleichen zu nennen. Um sich also das Fortrücken der Nachtgleichen gehörig vorzustellen, muß man sich die Ecliptik e f unbeweglich gedenken, den Aequator a b aber, welcher die Ecliptik in ♈ und in einem noch gegenüber liegenden Punkte schneidet, mit paralleler Bewegung, bey der Voraussetzung, daß die Schiefe der Ecliptik unverändert bleibt, langsam nach a d fortrücken lassen. Hieraus würde aber auch nothwendig folgen, daß sich die Pole des Aequators oder die Weltpole, ebenfalls der Ordnung der Zeichen entgegen, in einem Kreise um die Pole der Ecliptik bewegen müßten. Wenn man hingegen die Weltpole für unbeweglich annimmt, so kommt es uns vor, als ob die Fixsterne nach der Ordnung der Zeichen um die Pole der Ecliptik in Kreisen langsam umliefen. M. s. Polarstern. Weil die Schiefe der Ecliptik veränderlich ist, so erfolgen alle diese Bewegungen in keinen genauen Kreisen.

Nimmt man an, daß der Stern α unbewegt bleibt, der Anfangspunkt ♈ aber der Ordnung der Zeichen h nach i entgegenrückt, so werden mit den Längen der Sterne auch die geraden Aufsteigungen und Abweichungen derselben geändert; in h war nähmlich des Sterns α gerade Aufsteigung h l, und die Abweichung α l; in i aber ist seine gerade Aufsteigung i k, und seine Abweichung α k. Die Breite α h hingegen bleibt ungeändert, weil das Vorrücken mit der Ecliptik e f parallel gegangen.

Um die Größe der Veränderung in der Länge der Sterne zu finden, darf man nur ältere und neuere Beobachtungen mit einander vergleichen. Schon Hipparch fand 128 Jahre vor Christi Geburt die Längen der Sterne in Bezug auf die Nachtgleichungspunkte über 2 Grade größer, als sie Timocharis und Aristyllus 294 Jahre vor Christi Geburt beobachtet hatten. Dieß nähmliche Wachsen der Längen ergab sich auch aus der Vergleichung seiner Beobachtungen mit des

Eudo-

Eudoxus Beschreibung der Sphäre; welche auf noch ältere Zeit eingerichtet war. Seit diesen Zeiten aber bis jetzt haben die Längen der Sterne um mehr als 30 Grade zugenommen.

Die Kornähre der Jungfrau [α]) setzt
Hipparch 128 Jahre vor Christi
Geburt in 24° ♍
Cassini 1737 J. nach Anfang der
christlichen Zeitrechnung 20° 11′ 45″ ♎

Aenderung in 1865 Jahren 26° 11″ 45″
in einem Jahre 50″ 32‴

Andere Beobachtungen geben etwas andere Größen, und da die Beobachtungen der Alten in Kleinigkeiten nicht zuverlässig, neuere aber, eine so langsame Aenderung zu bestimmen, nicht zulänglich sind, so nimmt man aus vielen ein Mittel. Herr de la Lande [β]) setzt die Aenderung jährlich auf $50\frac{1}{3}$ Sek. In einer Abhandlung [γ]) setzt er sie in 100 Jahren 1° 23′ 45″; dieß gäbe für 1 Jahr 50″,25. Dabey bemerkt er, daß die Ungewißheit dabey sich nicht über 5 Sekunden in 100 Jahren erstrecke. Dieser Angabe gemäß sind Herrn Lambre Tafeln berechnet [δ]); nach denselben würde der völlige Umlauf des Himmels 25791 Jahre dauern.

Herr Bode in dem Entwurfe des gestirnten Himmels [ε]) gibt als Mittel aus 19 Vergleichungen nach Ptolomäus und Tobias Mayer's Angaben das Rückwärtsgehen in 100 Jahren 1° 23′ 59″,0, welches also jährlich 50,39 Sekunden betragen, und der völlige Umlauf des Himmels 25716 Jahre dauern würde.

Die Umlaufszeit des ganzen Himmels nennt man gewöhnlich das große oder platonische Jahr. In der Geschichte der ältern Astronomie gibt es aber eine Menge der-

α) M. s. Cassini elémens d'Astronomie. Liv. I. chap. 3.
β) Astronomie. §. 2701. II. Ausgabe.
γ) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1781.
δ) Connoiss. des temps. 1792. addit. p. 206.
ε) Clau. Ptolomäus Beschreib. der Gestirne. Berlin u. Stettin. 1795. 8.

dergleichen große Jahre [α]) welche wohl größtentheils aus Zusammensetzungen anderer Perioden bestehen mögen, wiewohl einige von dem frühzeitig wahrgenommenen Vorrücken der Fixsterne herrühren. Nachrichten von diesen Jahren findet man beym **Riccioli** [β]), **de la Nauze** [γ]) und **Bailly** [δ]). Das von **Plato** angenommene Jahr begreift 12000 Jahre; demnach müßte man damahls angenommen haben, daß in 1000 Jahren die Fixsterne durch ein Zeichen des Thierkreises vorrückten.

Sehr sinnlich wird die Veränderung der Länge bey den Sternbildern des Thierkreises. **Widder** nennt man die ersten 30 Grade der Ecliptik vom Frühlingspunkte an gerechnet; bey diesen 30 Graden befinden sich jetzt Sterne der Fische; des Widders seine fangen jetzt gerade da an, wo diese 30 Grade aufhören, und erstrecken sich in die zweyten 30 Grade, die man den **Stier** nennt. So findet sich jedes der Sternbilder nicht in demjenigen Theile der Ecliptik, der mit ihm einerley Nahmen hat, sondern ungefähr im folgenden. Man unterscheidet daher **ungebildete** und **gebildete Zeichen** (dodecatometria et asterismos).

Weil solcher Gestalt das Rückwärtsgehen der Nachtgleichen nicht allein eine Aenderung in Ansehung der Längen der Sterne, sondern auch in Rücksicht der geraden Aufsteigung und der Abweichung verursacht, so folgt, daß alle Hülfsmittel in der Astronomie, durch welche die Stellungen der Fixsterne gegen die Ecliptik und den Aequator angegeben und dargestellt werden, als Fixsternverzeichnisse, Sternkarten, Himmelskugeln u. dergl. nur für eine gewisse Zeit brauchbar sind. Es werden daher für andere Zeiten bey den Sternverzeichnissen Reductionen erfordert. M. s. **Reduction**. In manchen Sternverzeichnissen sind die jährlichen Verände-rungen

α) S. *Censorini* de die nat. cap. 18. *Plutarch* de placit. philosophor. II. 32. *Macrob*. somnium Scipion. II. 11.

β) Almageft. nouum. T. I. p. 130. 168.

γ) Memoir. de l'Acad. des inscript. T. XXIII. p. 90.

δ) Geschichte der alten Sternkunde, aus dem Franz. Leipz. 1777. 8. B. II. Abschn. 8. §. 15.

rungen der geraden Aufsteigung und der Abweichung mit angegeben. M. s. Fixsternverzeichnisse. In Ansehung der Längen ist dieß nicht nöthig, weil diese bey allen Sternen gleichviel, nähmlich jährlich etwa 50⅓ Sekunden, zunehmen. In Ansehung der gewöhnlichen Himmelskugeln ist es nicht genug, sich alle Sterne auf ihnen für jede 70 Jahre um einen Grad in der Länge fortgerückt zu denken. Wenn man ältere Globen für spätere Zeiten, oder auch neuere Sphären für ältree richtig gebrauchen wollte, so müßten sich auch die Weltpole mit verrücken, welches aber nicht angeht, indem die Sphäre die tägliche Bewegung um die Pole machen muß. Indessen haben doch einige Astronomen Mittel erdacht, die Kugel so vorzurichten, daß Weltpole und Pole der Ecliptik ihre gegenseitige Stellung ändern, und in die, welche jeder Zeit zugehört, gebracht werden könne. Dergleichen Vorrichtung hat Cassini α) der Pariser Akademie der Wissenschaften vorgelegt, aber weiter keine Beschreibung davon gegeben. Eben dergleichen wollte auch Lowitz bey seiner großen Himmelskugel anbringen. Auch hat der Herr von Segner β) einen andern Vorschlag dazu gethan. Von allen diesen Vorrichtungen urtheilt Herr Kästner, sie würden Mühe und Kosten nicht vergelten. Für ein Jahrhundert und längere Zeit seyn sie unnöthig, indem sich bisher wenigstens, immer in kürzern Zeiten, der Zustand der Sternkunde so verändert habe, daß neuere Himmelskugeln erfordert würden; und wollte man die Pole gegen die Sterne so gestellt haben, wie es vor ein Paar tausend Jahren gewesen wäre, so sey es besser, dazu eine eigene Kugel vorzurichten.

Herr Bode hat zu diesem Gebrauche zuerst Planisphäre in der Fortinischen Ausgabe des Flamstead γ), und alsdann noch vollkommener durch die 1795. herausgegebenen ptolomäischen Himmelskarten geliefert. M. s. Sternbilder.

In

α) Histoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1708.
β) Astronomische Vorlesungen. Halle, 1775. 4. §. 357. S. 188.
γ) Vorstellung der Gestirne. Berlin u. Strals. 1782. Taf. XXXIII. XXXIV.

In der alten Astronomie, da die Fixsterne sehr nahe in einer hohlen Sphäre eingeschlossen angenommen wurden, sahe man das Fortrücken der Sterne als eine wirkliche Bewegung an. Diese alte Meinung ward aber durch Copernicus gänzlich aufgehoben, welcher vielmehr diese Erscheinung als eine Bewegung der Nachtgleichen betrachtete. Die eigentliche Ursache derselben konnte man aber lange Zeit nicht angeben, so viele Hypothesen auch darüber gebildet wurden. So viel sahe man wohl ein, daß sie eine ähnliche Ursache mit dem Rückgange der Knotenlinien haben müsse. Denn da die tägliche Umdrehung der Erde in der Ebene des Aequators geschieht, so sind in der That die Durchschnittspunkte der Ecliptik mit dem Aequator, oder die Nachtgleichungspunkte, eben so gut die Knoten der täglichen Umdrehung, als die Durchschnittspunkte der Planetenbahnen mit der Ecliptik die Knoten dieser Bahnen es sind.

Endlich gab Newton's System auch von dieser Erscheinung Rechenschaft. Er zeigte *), daß die Gravitation der nicht vollkommen sphärischen, sondern um die Pole abgeplatteten, Erde gegen Sonne und Mond die Knotenlinie der täglichen Umdrehung zurücktreiben müsse. Wenn man sich nähmlich um den Aequator der Erde einen Ring vorstellt, welcher aus angehäuften materiellen Theilen zusammengesetzt ist, und sich binnen 24 Stunden um die völlig kugelrunde Erde dreht, so wird zwar dieser Ring eine weit größere Schwere gegen die Erdkugel, als gegen die Sonne und gegen den Mond haben; allein beyde Himmelskörper werden doch gegen den Ring eine stärkere Anziehung als gegen die übrigen Theile der Erde beweisen. Weil nun dieser Ring in der Ebene des Aequators liegt, und Sonne und Mond jederzeit aus der Ebene der Ecliptik darauf wirken, so wird daraus die nähmliche Wirkung, wie bey den Planetenbahnen, entstehen; die Punkte des Erdringes werden nähmlich die Ebene der Ecliptik bey jeder Umdrehung etwas früher durchschneiden, als sonst geschehen würde; daher die Durchschnittspunkte

*) Princip. Lib. III. p. XXXIX.

punkte oder Knoten der Umdrehung nach der Seite, welche den Bewegungen der Erde und des Mondes entgegengesetzt sind, d. i. gegen die Ordnung der Zeichen fortrücken müssen. Nach **Newton's** Berechnung beträgt die Wirkung der Sonne jährlich 9″ 7‴ 20⁗, und die des Mondes 40″ 52‴ 52⁗, also die gesammte Wirkung beyder Körper 50″ 12‴, welches mit den damahligen Beobachtungen ziemlich genau zusammenstimmte. Allein **Newton** hatte bey seiner Berechnung Voraussetzungen angenommen, welche unrichtig und unerwiesen waren.

Um die Ursache dieser Erscheinung deutlicher einzusehen, kann man nach **la Place** Darstellung die Wirkung der Sonne und des Mondes, jede für sich, auf den in der Ebene des Aequators liegenden Ring betrachten. Gedenkt man sich nähmlich die Sonnenmasse als gleichförmig auf den Umfang ihrer für kreisförmig angenommenen Bahn vertheilt, so sieht man leicht, daß die Wirkung dieser körperlichen Bahn die mittlere Wirkung der Sonne vorstellen werde. Wird nun diese Wirkung auf jeden der über die Ecliptik erhabenen Punkte des Ringes in zwey zerlegt, deren eine in der Ebene des Ringes liegt, die andere auf dieser Ebene senkrecht ist, so begreift man, daß das Resultat der letztern Wirkungen auf alle diese Punkte auf der Ebene selbst senkrecht sey, und in dem Durchmesser des Ringes liege, der auf seiner Knotenlinie senkrecht ist. Die Wirkung der so sich eingebildeten körperlichen Sonnenbahn auf den unter der Ecliptik liegenden Theil des Ringes bringt auf ähnliche Art auf der Ebene des Ringes lothrechtes und in dem untern Theile eben dieses Durchmessers liegendes Resultat hervor. Diese beyden Resultate haben eine Bestrebung, den Ring der Ecliptik zu nähern, indem sie ihn auf seine Knotenlinie in Bewegung setzen; seine Neigung gegen die Ecliptik würde also durch die mittlere Wirkung der Sonne abnehmen, und seine Knoten würden fest seyn, ohne die Umdrehungsbewegung des Ringes, von welchem hier angenommen wird, daß er sich in einerley Zeit mit der Erde umdrehe. Allein eben diese Bewegung

gung erhält dem Ringe beständig einerley Neigung gegen die Ecliptik, und verwandelt die Wirkung des Einflusses der Sonne in eine rückläufige Bewegung der Knoten; sie zieht diesen Knoten eine Veränderung zu, welche, ohne sie, bey der Neigung Statt finden würde, und gibt der Neigung die Beständigkeit, welche bey den Knoten Statt haben würde. Um die Ursache dieser sonderbaren Veränderung zu begreifen, nehme man an, die Lage des Ringes lasse sich unendlich wenig ändern, so daß die Ebene seiner beyden Lagen sich nach der Richtung des auf der Knotenlinie senkrechten Durchmessers schneiden. Man kann am Ende eines jeden Augenblicks die Bewegung eines jeden seiner Punkte in zwey zerlegen, deren eine im folgenden Augenblick allein bleiben, die andere aber auf der Ebene des Ringes lothrecht seyn, und vernichtet werden soll, und es ist klar, daß das Resultat dieser zweyten Bewegung, auf alle Punkte des obern Theils des Ringes bezogen, auf seiner Ebene lothrecht seyn, und in dem vorhin betrachteten Durchmesser liegen werde, welches in Ansehung des untern Theils des Ringes auf gleiche Art Statt findet. Damit dieß Resultat durch die Wirkung der körperlichen Sonnenbahn aufgehoben, und der Ring, vermöge dieser Kräfte, im Gleichgewichte um seinen Mittelpunkt erhalten werde, müssen sie einander entgegengesetzt, und ihre Momente in Beziehung auf diesen Punkt gleich seyn. Die erste dieser Bedingungen fordert, daß die angenommene Veränderung der Lage des Ringes rückläufig sey; die zweyte Bedingung bestimmt die Größe dieser Veränderung, und folglich auch die Geschwindigkeit der rückläufigen Bewegung seiner Knoten. Es ist leicht einzusehen, daß diese Geschwindigkeit der Masse der Sonne, dividirt durch den Würfel ihrer Entfernung von der Erde, und multiplicirt durch den Cosinus der Schiefe der Ecliptik proportional sey.

Da die Ebenen des Ringes in zwey auf einander folgenden Lagen sich nach der Richtung eines auf der Knotenlinie senkrechten Durchmessers schneiden, so folgt, daß die Neigung dieser beyden Ebenen gegen die Ecliptik beständig ist.

Die

Die Neigung des Ringes ändert sich also, vermöge der mittlern Wirkung der Sonne, nicht.

Was von einem solchen Ringe gilt, das beweist die Analyse von jedem von einer Kugel wenig unterschiedenen Sphäroide. Die mittlere Wirkung der Sonne bringt in den Nachtgleichen eine der Masse dieses Gestirns dividirt durch den Würfel seiner Entfernung und multiplicirt durch den Cosinus der Schiefe der Ecliptik proportionirte Bewegung hervor. Diese Bewegung ist rückläufig, wenn das Sphäroid an seinen Polen abgeplattet ist; ihre Geschwindigkeit hängt von der Abplattung des Sphäroids ab; aber die Neigung des Aequators gegen die Ecliptik bleibt immer die nähmliche.

Was die Wirkung des Mondes betrifft, so macht diese ebenfalls die Knoten des Erdäquators in der Ebene seiner Bahn zurückgehen. Da aber die Lage dieser Ebene und ihre Neigung gegen den Aequator, vermöge der Wirkung der Sonne, sich ununterbrochen ändert, und die durch die Wirkung des Mondes verursachte rückläufige Bewegung der Knoten des Aequators in der Mondsbahn dem Cosinus dieser Neigung proportionirt ist, so ist diese Bewegung veränderlich. Außerdem macht sie, wenn man sie gleichförmig annimmt, daß die rückläufige Bewegung der Nachtgleichen und die Neigung des Aequators gegen die Ecliptik sich nach der Lage der Mondsbahn ändert. Eine einfache Rechnung zeigt, daß aus der Wirkung des Mondes, verbunden mit der Bewegung der Ebene seine Bahn, folgt, 1) eine mittlere Bewegung beyder Nachtgleichen, welche derjenigen gleich ist, die dieses Gestirn verursachen würde, wenn es sich in der Ebene der Ecliptik selbst bewegte, 2) eine Ungleichheit, die von dieser rückläufigen Bewegung abzuziehen, und dem Sinus der Länge des aufsteigenden Knotens der Mondbahn proportionirt ist, 3) eine dem Cosinus eben dieses Winkels proportionirte Verminderung der Schiefe der Ecliptik. Diese zwey Ungleichheiten werden zugleich dargestellt durch die Bewegung des Endpunktes der bis an den Himmel verlängerten Erdaxe auf einer kleinen Ellipse.

Dalembert a) hat zuerst Newton's Unrichtigkeiten verbessert und bisherige Betrachtungen durch die Analyse aufs vollkommenste bestätigt. Bey dieser Untersuchung hat er aber sowohl, als alle Geometer nach ihm, welche sich mit diesem Gegenstande beschäftigten, vorausgesetzt, daß die Erde ein fester Körper sey. Da aber diese großentheils mit den Gewässern des Meeres bedeckt ist, so entsteht die nicht unwichtige Frage, ob nicht die Wirkung dieser die Erscheinung des Rückwärtsgehens der Nachtgleichen ändern müsse? Denn da die Gewässer des Meeres vermöge ihrer Flüssigkeit den Anziehungen der Sonne und des Mondes nachgeben, so scheint es auf den ersten Anblick, ihre Gegenwirkung könne auf die Bewegung des Rückwärtsgehens der Nachtgleichen keinen Einfluß haben. La Place hat diese Frage zuerst erörtert, und durch seine Untersuchungen über die Erscheinungen der Ebbe und Fluth den merkwürdigen Satz gefunden, daß, wie auch das Gesetz der Tiefe des Meeres beschaffen, und das von demselben bedeckte Sphäroid gestaltet seyn mag, die Erscheinung des Zurückgehens der Nachtgleichen die nähmliche ist, wie wenn das Meer eine feste Masse mit diesem Sphäroide ausmachte.

Außerdem bemerkt la Place, wenn die Sonne und der Mond allein auf die Erde wirkten, so würde die mittlere Neigung der Ecliptik gegen den Aequator beständig seyn, da aber die Wirkung der Planeten die Lage der Erdbahn beständig ändert, so muß daraus in der Schiefe gegen den Aequator eine Abnahme entstehen, welche durch alle Beobachtungen bestätigt wird. Die nähmliche Ursache gibt den Nachtgleichen eine jährliche rechtläufige Bewegung von 0",1849; folglich wird die durch die Wirkung der Sonne und des Mondes verursachte jährliche Präcession durch die Wirkung der Planeten um diese Größe vermindert, und ohne diese Wirkung würde sie 50",42 betragen. Diese Wirkungen des Einflusses der Planeten sind von der Abplattung des

a) Recherches sur la précession des équinoxes et sur la nutation. Paris 1749. 4.

des Erdsphäroids unabhängig; aber die Wirkung der Sonne und des Mondes auf dieses Sphäroid muß sie selbst und ihre Gesetze abändern.

Mit dem Zurückgehen der Nachtgleichen steht das Wanken der Erdaxe in einer genauen Verbindung, von welchem ein eigener Artikel handelt. Das Zurückgehen der Nachtgleichen verursacht den Unterschied des tropischen und siderischen Jahres; m. s. **Jahr**; und eine geringe in einzelnen Tagen unbemerkbare Differenz zwischen Sternzeit und Zeit der ersten Bewegung. M. s. **Sternzeit**.

M. s. **Bode** kurzgefaßte Erläuterung der Sternkunde Th. I. §. 206. Th. II. §. 525. **Kästner** Anfangsgründe der Astronomie. Göttingen, 1792. 8. §. 125. 291. **la Place** Darstellung des Weltsystems. Aus dem Franz. Frankf. a. M. 1797. Th. I. S. 91. f. Th. II. Cap. 13. S. 176. u. f.

Vulkane, feuerspeyende Berge (montes igniuomi s. vulcanii, volcans). Hierunter versteht man eine eigene Classe von Bergen, welche in abwechselnden Zeiten oft eine ungemein große Menge glühender und calcinirter Steine, geschmolzener und fließender Materien mit einem ungeheuren Wirbel von Rauch, Dampf und Flamme, zu einer ansehnlichen Höhe, aus ihren Schlünden ausstoßen. Diese Schlünde werden gewöhnlich **Crater** genannt.

Wenn irgend eine Erscheinung in der Natur die Menschen in Furcht und Schrecken zu versetzen im Stande ist, so ist es gewiß diejenige, welche diese Berge gewähren. Der Ausbruch derselben ist oft mit unterirdischen Bewegungen verbunden, welche, so wie die Flammen, die aus der Erde empor lodern, die Wohnungen der Menschen gänzlich zu zernichten, und Alles, was in ihren Wirkungskreis kommt, zu zerstören drohen.

Diejenigen Materien, welche die Vulkane ausspeyen, fließen zum Theil als Ströme von **Lava** an den Seiten herab, zum Theil steigen sie in einer völlig oder beynahe geraden Linie aus dem Schlunde empor, und stürzen dann wieder in diesen selbst zurück, oder bleiben auf den obern

Rändern desselben liegen; im letztern Falle häufen sie sich nach und nach an, und machen, daß der Schlund höher und enger wird. Wenn sich aber die Masse zu sehr anhäuft, so senkt sich die Unterlage, auf welcher dieselbe ruhet, die darauf befindlichen Theile folgen ihr nach, und der ganze obere Theil des Schlundes stürzt in den Vulkan hinab, dessen Mündung auf diese Art sich ungemein erweitert. Wenn indessen die Ausbrüche nach einem solchen Vorfalle anhalten, so wird sich bald ein neuer Schlund finden; und wirklich ist dieß bey allen brennenden Vulkanen der Fall. Auf solche Art bilden sich meistentheils regelmäßige Gestalten der Vulkane, welche hohlen kegelförmigen Bassins gleichen, und an welchen selbst die so genannten **erloschenen Vulkane** vorzüglich mit erkannt werden. Sonst sammeln sich die Theile der ausgeworfenen Lava, welche auf die Seitentheile des Berges fallen, hier immer mehr an, und geben Gelegenheit, daß der Vulkan nach und nach an Höhe sehr zunimmt. So entstehen die so genannten vulkanischen Piks; der Aetna hat jetzt eine Höhe von 1672 Toisen, der Pik von Teneriffa ist über 1900, der Puy-de-Dome 870 Toisen hoch; und der Chimboraço ist noch weit höher, als diese Berge; auch der Hecla und der Vesuv sind sehr hoch. Je mehr sich aber diese Berge, diese Schlünde, und die aus eben der Ursache im Meere entstandenen Inseln erheben, um so mehr müssen die Berge in ihrem Innern abnehmen, und es müssen sich nach und nach Höhlen von ungeheurer Größe im Mittelpunkte solcher Berge bilden; denn diese Höhlen werden sich verhalten, wie die Menge der verzehrten brennbaren und andern Materien, welche calcinirt und ausgeworfen worden sind. Die so entstandenen Höhlen können in der Folge zusammenstürzen, und besonders werden Erdbeben und die heftigen Stöße, die sie bewirken, einen solchen Erfolg nach sich ziehen. So haben sich z. B. die Berge an den Orten, wo jetzt der See Lucrin und der jamaikanische See, der sich im Jahre 1692. bildete, ist, nach heftigen Erdbeben gesenkt; auch die Insel Sorca, die zu den Molucken gehörte, ist durch

durch eine ähnliche Ursache versenkt, und ganz verschlungen worden u. s. w.

Alle diese vulkanischen Auswürfe, die Ergießungen von Lavaströmen, die durch Vulkane bewirkten Einsturze von Bergen u. s. w. müssen, da sie sehr gewöhnliche Erscheinungen sind, eine beträchtliche Veränderung auf der Oberfläche der Erde bewirken; denn diejenigen Vulkane, welche noch brennen, und die erloschenen, nehmen einen sehr ansehnlichen Theil des festen Landes ein; sie werden an einem Orte des Bodens Erhöhungen hervorbringen, neue Berge und folglich auch neue Thäler bilden, zur Entstehung von hohen Gestaden Gelegenheit geben u. s. w., welche in der Folge durch die Länge der Zeit und durch die Wirkung der Gewässer noch auf verschiedene Art werden verändert werden.

Alles dieß bisher Angeführte beweisen fast alle vulkanische Gebirge, wovon einige der vornehmsten kurz beschrieben werden sollen.

Der Vesuv, nahe bey Neapel, besteht aus einer von den Apenninen ganz abgesonderten Masse vulkanischer Berge, welche sich ringsum gleichförmig mitten aus einer Pläne erhebt. Ohne Zweifel war der Schlund des Vesuvs sonst größer als er jetzt ist. Durch einen Einsturz, vielleicht im Jahre 79. nach Christi Geburt, da die Städte Herculanum und Pompeji verschüttet wurden, ist bloß ein Theil des Randes von dem ehemahligen großen Crater stehen geblieben, wodurch sich der Berg Somma gebildet, aus dessen Mitte sich der neue Crater des Vesuvs erhoben, der jetzt unter dem Nahmen des Vesuvs bekannt ist. Außerdem findet man noch an der Seite einer Menge kleiner Kegel, und fast jeder neue Ausbruch verändert die Gestalt des merkwürdigen Berges.

Der schreckliche Ausbruch des Vesuvs am 24. Aug. 79. verschüttete die beyden Städte Herculanum und Pompeji, nachdem diese schon 16 Jahre vorher durch ein starkes Erdbeben erschüttert waren. Dio Cassius erzählt, dieser fürchterliche Ausbruch des Vesuvs sey zu der Zeit erfolgt, da man im

im Schauspiele gewesen, die unglaubliche Menge der empor- gestiegenen Asche habe die Sonne verdunkelt, und sey bis Rom, ja bis Syrien und Egypten geflogen.

Diese erste Füllung ist durch nachherige Ausbrüche des Vesuvs mit neuen Lagen bedeckt worden, zwischen welchen sich immer etwas Dammerde befindet, ein Beweis, daß jede dieser Lagen eine Zeit lang frey auf der Oberfläche geblieben und zum Anbau geschickt gemacht worden sey. Auf solche Art ward nach und nach Herculanum über dem Theater 74, und näher nach dem Meere zu auf 110 Fuß hoch bedeckt, und in spätern Zeiten Portici und Rosina über diese Stelle erbauet. Im Jahre 1706. fand man beym Graben zufälliger Weise einige Statuen, welche vermuthen ließen, daß eine Stadt untergegangen sey; allein die Regierung verboth das weitere Nachsuchen. Erst im Jahre 1738., als König Carl diese Stelle erkaufte, fand man die ganze Stadt wieder, und ward überzeugt, daß sie das alte Herculanum sey, füllte aber die Plätze, sobald man die beweglichen Merkwürdigkeiten hinweggebracht hatte, zur Sicherheit der darüber erbaueten Häuser, wieder aus, und ließ bloß die Schaubühne offen, zu deren Parterre man jetzt von der Erde 80 Stufen hinabsteigen muß.

Die Materie, welche Herculanum überschüttet hat, scheint nicht allein ein trockener Aschenregen, sondern auch zugleich eine flüssige oder breyartige Substanz gewesen zu seyn. Denn sie hat die Zimmer ausgefüllt, Gegenstände in sich abgeformt, und durch ihre Hitze alles Holz, selbst inwendig in den Gebäuden, von außen verkohlt. Sie hat sich zu einer so genannten Tufa verhärtet, welche sich leicht zerschlagen läßt, und bey weiten nicht so hart ist, als die neuern Laven werden.

Dagegen ist Pompeji bloß mit trockener Asche, Bimstein, und kleinen granatähnlichen Krystallen bedeckt, welches zusammen zu einer ähnlichen Tufa von 16 bis 18 Fuß Höhe verhärtet ist. Hier ist nichts ins Innere der Häuser gedrungen oder verbrannt, auch überhaupt alles besser erhalten, und

und was man seit 1755. entblößt hat, Alles offen gelassen worden, so daß die Gebäude, Tempel, Schaubühnen u. s. am hellen Tage besehen werden können. Die alte Stadt ist schon auf einer lockern sehr tiefen Lava von drey über einander liegenden Schichten erbauet, und ihre Straßen sind mit Lava gepflastert. Auch Stabiä ist nur mit Asche bedeckt. Hier hat man die vorgefundenen Alterthümer in das königliche Museum zu Portici gebracht, und die Stellen wieder zugeworfen.

Seit diesem großen Ausbruche des Vesuvs liefert die Geschichte noch weit mehrere, von welchen Paragallo [α]), du Perron de Castera [β]), und der P. de la Torre [γ]) Nachrichten gesammelt haben [δ]). Einer der schrecklichsten Ausbrüche erfolgte im Jahre 1779, von welchem die vorzüglichsten Erscheinungen nach Duchanoy [ε]) Beschreibung folgende sind.

Im Jahre 1779. war der Crater des Vesuvs kreisrund, und mochte im Durchmesser etwa 90 Schritt besitzen. Aus seiner Mitte erhob sich ein kleiner Berg, welcher ungefähr 100 Schritte hoch war, und im Durchmesser 50 Schritte hatte. Aus diesem kleinen Berge, welcher gleichsam den Schornstein des Vulkans vorstellte, stieg schon im May 1779. alle halbe Viertelstunde ein 10 bis 12 Fuß starke Feuersäule auf, welche sich beynahe auf 250 Schritt hoch über den Berg erhob, und einen Regen von verbrannten Erden, halbcalcinirtem Sande, Harz und Asche verbreitete, welches Gemisch in Neapel Rapillo genannt wird. Vor und nachher

α) Istoria naturale del monte Vesuvio. Neap. 1705. 4.

β) Histoire du mont Vesuve trad. de l'Ital. à Paris 1741. 12.

γ) Storia e fenomeni del Vesuvio. Nap. 1755. 4. Histoire et phénomenes de Vesuve, exposées p. le P. *de la Torre* à Nap. 1776. 8. Uebers. von Lenzin. Altenb. 1783. 8.

δ) S. Geschichte des Vesuvs in den vermischten Beyträgen zur physikal. Erdbeschreib. Brandenb. 1774. 8. B. I. St. 1. S. 0 f. Wunder der feuerspeyenden Berge in Briefen von Knoll. Erf. 1784. 8.

ε) *Rozier* journal de physique. Juli. 1780. Uebers. in den Leipz. Samml. zur Physik und Naturgeschichte. B. II. St. 5. S. 541. f.

her hörte man ein starkes Brausen, und der Knall der Explosion selbst glich einem Kanonenschusse. So oft die Materie im Innern des Berges aufstieg, um eine Explosion zu verursachen, erhob sich am Fuß des Kegels ein Hügel von Erde, welcher 6 bis 12 Fuß in die Höhe stieg, und dadurch die eine Seite des Kegels gegen sich zog. Im Augenblicke der Explosion blieb dieser Hügel stehen, zwischen den kurzen Pausen der zwey bis drey Mahl kurz auf einander folgenden Explosionen sahe man ihn sinken und wieder steigen, bis er sich nach beendigter Explosion wieder in die Ebene des Craters niedersenkte. Diese Erscheinung hatte völlig das Ansehen einer Blase, welche sich vom Athmen erweitert und verengert, und rührte von einer neuen Lava her, die den Crater damahls bedeckte, einen Ausweg suchte, auch nachher sich denselben an der Seite, etwa 500 bis 600 Fuß weit vom Crater, wirklich eröffnete. Wenn der Hügel wieder einsank, so hörte man diese Lava sehr deutlich abfließen, und durch Spalten in das Innere des Berges zurückgehen.

Im Aug. 1779. wurden die Explosionen immer stärker und häufiger. Am 8ten Aug. bildete der emporsteigende Rauch eine ungeheure Masse, wie eine stillstehende Wolke, in welcher man eine Feuersäule wahrnahm, mit einer Menge großer Steine vermischt, welche nach ihrem Falle vom Berge herabrollten. Mit eintretender Nacht erhob sich schon alle halbe Minuten ein neuer Strom brennender Materien, welcher endlich so stark ward, daß er eine gerade Richtung nahm, und dem Winde gar nicht mehr nachgab. Gegen 8½ Uhr folgten die Explosionen fast ununterbrochen auf einander; die Feuerströme, welche nun den ganzen Crater zur Grundfläche hatten, stiegen in pyramidalischer Form auf eine unglaubliche Höhe*, schütteten eine Menge brennender Substanzen herab, und verbreiteten einen Rauch, der das Licht des Feuers zurückwarf, und den Glanz des ganzen Schauspiels erhöhete.

Endlich hörte man um 9½ Uhr eine schreckliche Explosion, stärker als den Knall des gröbsten Geschützes; und mit ihr stieg ein starker schwarzer Rauch in die Luft, welcher einen

Theil des Craters mit sich führte. In wenig Augenblicken zeigte sich durch diesen Rauch die Feuersäule wieder, welche sich nun auf eine Höhe erhob, welche man dreymahl höher, als die Höhe des ganzen Berges, d. i. auf 6000 Fuß, schätzen konnte. Die Masse des Rauchs nahm ihre Hauptrichtung auf den Somma und Ottojano zu, stieg aber so hoch, daß man zu Neapel und überall in der Nähe glaubte, sie erreichte den Scheitel, und theilte sich in Gruppen, die von dem Feuer und den überall hervorschießenden Blitzen auf tausend verschiedene Arten erleuchtet wurden.

Die Feuersäule war so stark, als ob die Erde einen Theil ihrer brennenden Eingeweide auswürfe. Der Regen von brennenden Materien verstärkte noch ihre scheinbare Größe, und das Meer, das ihren Glanz zurückwarf, glich dem eröffnenden Schlunde der Hölle. Bey diesem Lichte konnte man in Neapel die kleinste Schrift lesen. Die unten senkrechte Säule bog sich am obern Ende; ein Theil von ihr ward von dem Winde in die Ferne geführt, ein anderer fiel auf den Vesuv und das Atrio del Cavallo zurück, welche davon wie in einen feurigen Schleyer verhüllt wurden. In wenig Augenblicken verwandelte sich der Berg in eine feurige Halbkugel, und verschwand endlich ganz in einem glühenden rosenfarbigen Dampfe, der sich gar nicht beschreiben läßt. Wenn man sich eine feine rosenfarbene Atmosphäre, und in ihrer Mitte einen Berg mit lebhaft rothem, heftig bewegten Feuer vorstellt, so hat man nur eine schwache Idee von diesem Schauspiele, dessen Größe keine Schilderung eines Mahlers hat erreichen können. Alles schien so in einander geflossen, daß man glauben mußte, der Berg sey verschlungen, oder in die Luft geworfen worden.

Die Feuersäule und Rauchmasse wurden auf allen Seiten von Blitzen durchschnitten, die theils aus der Erde, theils aus der Luft zu kommen schienen. Das Ganze stellte eine brennende Wolke vor, aus welcher ein unaufhörlicher Feuerregen überall Tod und Verwüstung drohete. Hin und wieder fielen Steine von ungeheurer Größe, deren Fall 25 Se-

 kunden

kunden lang dauerte, ob sie gleich bey weiten nicht so hoch, wie die kleinern, stiegen. Mit solchen Steinen schien das Thal des Somma ganz verschüttet. Die Gesträuche und Castanienwälder des Ottojano entzündeten sich augenblicklich durch die glühenden Steine und Blitze. Nach der ersten Betäubung empfand man nichts als die Gefahr, mit welcher dieses schreckliche Phänomen drohete, und nun überließ sich das Volk, besonders in Neapel, den gewöhnlichen Unordnungen. Die Stadt Ottojano ward am meisten vom Feuerregen beschädigt.

Gleichwohl hörte dieser schreckliche Ausbruch, nachdem er etwa 37 Minuten gedauert hatte, binnen 2 Minuten gänzlich auf. Man sahe den Berg fast in seiner vorigen Gestalt wieder, aber ganz mit glühenden Steinen bedeckt, die noch einen guten Theil der ganzen Nacht hindurch leuchteten. Da aber kein eigentlicher Strom von Lava ausgebrochen war, so legte sich auch das Toben des Berges noch nicht, und es gab in den folgenden Tagen noch Explosionen, die der beschriebenen nicht viel nachgaben.

Aehnliche Beschreibungen mit Abbildungen begleitet finden sich in dem schönen Werke des Ritter **Hamilton** [α]). Von einzelnen Ausbrüchen des Vesuvs findet man Schilderungen in den philosophischen Transactionen [β]), beym **Mercati** [γ]), **Catani** [δ]), **Gaetano de Bottis** [ε]).

Der neueste Ausbruch des Vesuvs im Jahr 1795. hat einen beträchtlichen Theil des Berges zerstört, und daher die Gestalt desselben verändert.

Der **Monte Gibello** oder **Aetna** in Sicilien ist einer der merkwürdigsten Vulkane, welcher von uralten Zeiten her gebrannt

α) Campi Phlegraei or observ. on the Vulcanos of the two Sicilies. Napoli 1776. II. Vol. Fol.

β) For the year 1730. n. 424. u. 1733. u. 1737. n. 455. u. 1751. Vol. XLVII. XLIX. LII.

γ) Raconto istorico-filosofico de Vesuvio. Nap. 1753. 4.

δ) Letter. critica filosofico su delle vesuviana eruzzione accaduta nell' anno 1767. Catania 1768.

ε) Ragionamento istorico del incendio del Vesuvio. Napoli 1768. 4. 1779. 4.

gebrannt hat. Kircher [a]) hat die Zeugnisse der Alten gesammelt und zusammengestellt. Vom Jahre 1447. bis 1536. war dieser Berg so ruhig, daß man die ältern Berichte von den Ausbrüchen desselben zu bezweifeln anfing. Allein in diesem und den folgenden Jahren flossen starke Laven, bis endlich 1669. und 1693. die schrecklichsten Ausbrüche erfolgten [β]), welche besonders durch die damit begleiteten Erdbeben verderblich wurden. Diese Erdbeben verschlangen 1693. in drey Tagen 16 Städte und mehrere Landgüter, und kosteten mehr als 90000 Menschen das Leben. Die letztern stärkern Ausbrüche sind in den Jahren 1755., 1766. und 1769. erfolgt. Von dem neuesten im Jahre 1787. handelt ein Aufsatz von Mirone [γ]) und eine eigene Schrift von Dolomieu [δ]).

Beschreibungen von dem Aetna geben Hamilton [ε]), Brydone [ζ]), Spallanzani [η]), und mehrere Reisebeschreibungen nach Sicilien. Dieser Berg ist von einer solchen beträchtlichen Höhe, daß der Schnee auf seinem Gipfel nicht schmilzt. Der große Crater desselben hat gegen eine Meile im Umfange. An den Seiten und am Fuße des Berges sieht man aber mehr als 40 kleinere Kegel mit ausgehöhlten Gipfeln, welche aus eben so vielen durch die Hauptmasse des großen Berges ausgebrochenen Feuerschlünden entstanden sind. Aus diesen Oeffnungen sind die Laven ausgeflossen, welche die ganze umliegende Gegend bedecken, und sich durch ihre ausnehmende Fruchtbarkeit auszeichnen. Herrn Spallanzani gelang es, an den äußersten Rand des Craters zu kommen

α) Mundus subterran. T. I.

β) Philosoph. Transact. n. 48. 51 202. 207.

γ) Aus den novelle litterar. de Firenze im Gothaischen Magazin für das Neueste der Physik und Naturgesch B. V. St. 4. S. 9. f.

δ) Mém. sur les Isle ponces et catalogue raisonné des produits de l'Etna, suivis de la description de l'eruption de l'Etna en 1787. Paris 1788. 8.

ε) Philosoph. Transact. Vol. LXI. P. I.

ζ) A tour trough Sicily and Maltha. Lond. 1773. 8. P. Brydone's Reisen durch Sicilien und Maltha. Aus dem Engl. Leipz. 1774. Th. II. 8.

η) Reisen in beyde Sicilien und in einige Gegenden der Apenninen. Aus dem Ital. mit Anmerk. Th. I. Leipz. 1795. 8.

kommen, und einen Blick in das Innere des Vulkans zu thun. Hier sah er eine große Höhle, deren Boden eine fast horizontale Fläche von $\frac{2}{3}$ Meilen im Umfange bildete; darin fand sich eine kreisrunde Öffnung von etwa 5 Ruthen Durchmesser. Aus dieser Oeffnung hob sich eine große Rauchsäule empor, und man konnte mit der größten Deutlichkeit eine flüssige brennende Substanz erblicken, welche anhaltend, aber ganz mäßig, aufwallte, kochte, sich im Kreise herumtrieb, und wieder niedersank, ohne sich jedoch jemahls bis auf die ebene Fläche zu verbreiten. Die Beschreibung dieser Höhle wird durch eine Kupfertafel sehr gut erläutert.

Nach Brydone's Berichte hat der Canonicus Recupero durch die Veränderungen der Laven zu berechnen gesucht, zu welcher Zeit der Aetna zu brennen habe anfangen können. Nach dieser seiner Berechnung glaubte er das Alter dieses Vulkans auf 14000 Jahre setzen zu dürfen. Allein es läßt sich aus der Veränderung der Lava, die binnen einer gewissen Zeit erfolgt, kein sicherer Schluß machen, weil die Zerstörung derselben durch mehrere zufällige Ursachen bald befördert, bald verzögert werden kann; so wird z. B. eine Lava, welche dem scharfen Dampfe der Schwefelsäure ausgesetzt ist, weit eher zerstört werden, als diejenige, welche einem solchen Dampfe nicht ausgesetzt gewesen ist. Dagegen hat Guenaut *) durch Rechnung zu bestimmen gesucht, daß der erste Ausbruch desselben ungefähr anderthalbtausend Jahre vor der christlichen Zeitrechnung erfolgt sey.

An der südlichen Seite des Aetna bemerkt man mehrere Ueberbleibsel von verloschenen Vulkanen; die vorzüglichsten derselben findet sich im Val di Noto in den so genannten neptunischen Gebirgen, und sie scheinen älter, als der Aetna selbst, zu seyn. Die liparischen oder aeolischen Inseln, deren Zahl sich auf 10 beläuft, und mehrere zwischen denselben befindliche Felsen, die nicht über das Wasser hervorragen, können als vulkanische Entstehungen angesehen werden. Eine von diesen Inseln, die den Nahmen Stromboli führt, wirft fast unaufhörlich glühende Materien aus. In Italien gibt

*) Collect. academ. Part. franç. T. VI. p. 489.

gibt es außer dem Vesuv auch noch die bekannte Solfatara, ein Feld auf einer Anhöhe von 1400 Fuß Länge und 900 Fuß Breite, dessen Grund hohl und mit lockerer weißer Erde bedeckt ist, aus welcher an vielen Stellen ein schweflichter Dampf aufsteigt, der blaue Pflanzenfarben in rothe verwandelt. Ehedem müssen aber noch weit mehrere solcher Berge in Italien gewesen seyn; denn man trifft fast überall in diesem Lande Spuren von verschiedenen Vulkanen an. Die ganze Küste von Campania zeigt Ueberreste von solchen Bergen. Man kann also ohne Uebertreibung behaupten, daß alle Gegenden von Siena bis über Neapel hinaus, d. h. auf einer Fläche von ungefähr 80 französischen Meilen, Herde von unterirdischen Feuern gewesen sind. Auch im venetianischen und paduanischen Gebiethe trifft man einen Raum von 15 französischen Meilen Spuren von ehemahligen Vulkanen an, welche sich unter dem Meere befunden zu haben scheinen, und von welchen der Berg Georgignano, der St. Lucas, der Monte rosse zu Padua, und der Teufelsstein zu Verona die vorzüglichsten sind; überhaupt aber scheint dieser ganze Theil von Italien durch Vulkane sehr umgeändert worden zu seyn. Fast alle Sümpfe im Großherzogthum Toscana enthalten warmes Wasser, und geben schwefelsaure Dämpfe und Schwefelleberluft von sich.

Im mittägigen Frankreich, in der Provence, in Olicuile, in Frejus u. s. w. trifft man ebenfalls ungemein viele Spuren von verloschenen Vulkanen an, und eben dieß ist auch in den Sevennen, zu Rohemaure, Coiron, la Coupe, la Puy u. s. der Fall. Diese Berge, die ehemahls gebrannt haben, stehen mit den ebenfalls verloschenen Vulkanen in Auvergne, von welchen besonders der Cankal, der Mont d'Or, der Puy-de-Dome u. s. bekannt sind, in Verbindung. Guettard [α]), Monnet [β]) und Faujas de Fond [γ]) haben dieß außer Zweifel gesetzt.

α) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc de Paris 1752.

β) Sur les restes des montagnes volcaniques en Auvergne in *Rozier* journal de physique. Juill. 1774.

γ) Recherches sur les Volcans, éteints du Vicarois et du Velay. Paris 1778. Fol. Herrn de la Lande Auszug daraus übers. in den Leipz. Samml. zur Physik und Naturgesch. B. II. St. 1. S. 72. f.

gesetzt. Diese Vulkane breiten sich bis in die Landschaft Forez, in welcher sich der Mont-Brison findet, der ebenfalls ehedem Feuer ausgespien hat, und selbst bis in das Herzogthum Burgund, wo an der Seite von Autun ein verloschener Vulkan ist, aus.

Das Alpengebirge zeigt gar keine Ueberreste von Vulkanen, aber an der Seite des Breisgaus, und weiterhin am Rhein bis nach Bonn wird man mehrere verloschene feuerspeyende Berge gewahr. Auch bey Frankfurt am Mayn, in der Landgrafschaft Hessen, bey Göttingen in Niedersachsen; bey Lakan in der Oberlausitz, in Stolpen bey Dresden und an andern Orten in Chursachsen, bey Liegnitz in Schlesien, in Böhmen, in Ungarn, in Dalmatien u. s. trifft man verschiedene Vulkane an, welche sich zum Theil sehr weit ausbreiten. Im ganzen griechischen Archipel sind ehedem viel unterirdische Feuer gewesen, und mehrere Inseln z. B. Delos, haben denselben ihr Daseyn zu danken. Plinius a) nennt mehrere Inseln, die durch Erdbeben hervorgebracht, und andere, welche durch eben diese Ursache zerstört worden sind. Auch erzählt er, daß das Meer das Land weggerissen habe, durch welches Sicilien und Italien getrennt war. Seneca berichtet, daß zu seiner Zeit die Insel Therasia auf dem mittelländischen Meere, die jetzt Santorin heißt, nach einem Erdbeben mitten aus dem Wasser empor gestiegen sey. Diese Insel ist seit dieser Zeit oft Erderschütterungen ausgesetzt gewesen, und diese haben einige Mahl zur Vermehrung, einige Mahl aber zur Verminderung des festen Landes derselben Gelegenheit gegeben.

Die Küsten von Syrien sind durch heftige Erdbeben oft zerstört und verändert worden: Posidonius erzählt, daß ein Theil der Stadt Seidon oder Sayd in Asien durch ein Erdbeben eingestürzt worden ist. In der Gegend von Babylon kommt sehr vieles welches Judenpech vor, und diese Erscheinung zeigt deutlich, daß es hier unterirdische Feuer gibt; auch im todten Meere und in der Nachbarschaft desselben

a) Histor. natural. Lib. II.

selben trifft man viel dergleichen Pech an. Bey dem Gebirge Taurus in Asien ist ein Berg, Albur genannt, der oft Flammen auswirft; in eben dieser Gegend sind auch noch andere Berge, unter welche der Arath gehört, die ehedem Feuer. ausgespien haben.

Im nördlichen Theile von China sind auch feuerspeyende Berge; mehrere Reisende versichern, daß verschiedene Provinzen dieses Reichs durch öftere Erdbeben mehr oder weniger zerstört worden sind. Die berühmtesten feuerspeyenden Berge aber, die sich in diesen Gegenden finden, sind die zu Kamtschatka, unter welchen sich vorzüglich drey, der Awatcha, der Talbatschick und ein dritter, der noch höher ist als jene, auszeichnen. Der Awatcha warf im Sommer 1737 glühende Materien aus, und am 6ten October desselben Jahres stellte sich in dieser Gegend ein Erdbeben ein, durch welches dieselbe fast gänzlich zerstört wurde, das Meer zog sich zwey Mahl zurück, und nahm eben so oft seine erste Stelle wieder ein; bey einer dritten sehr gewaltsamen Erschütterung stieg es auf 200 Fuß empor.

In Japan sind theils im Innern dieses Landes, theils auf kleinen benachbarten Inseln, acht oder wohl noch mehrere Vulkane, von welchen einige verloschen sind. Dieses Land ist zuweilen Erderschütterungen ausgesetzt, die ungemein heftig sind; so war im Jahre 1703 ein Erdbeben, durch welches die Stadt Jeddo zerstört und über 200000 Menschen getödtet wurden.

Auf den marianischen Inseln ist ein berühmter Vulkan, den die Einwohner Griga nennen; die philippinischen Inseln haben ebenfalls mehrere solche Berge, und man weiß auch, daß Erdbeben auf diesen letzten Inseln keine seltene Erscheinungen sind. Die Insel Formosa ist nicht weniger heftigen Erderschütterungen ausgesetzt, und es befinden sich besonders unter dem Meere, das diese Insel umgibt, sehr viele Feuer; im Jahre 1782. ward dieses Meer so heftig bewegt, daß das Wasser auf die Insel trat und über selbige hinfloß. Der indianische Archipel wird sehr oft durch unterirdische

irdische Feuer in Bewegung gesetzt. Auf der Insel Banda ist ein berühmter feuerspeyender Berg; auch gibt es auf derselben mehrere warme Quellen, welche deutlich zu erkennen geben, daß es hier nicht an unterirdischem Feuer mangelt. Die Insel Ternata hat gleichfalls einen sehr ansehnlichen Vulkan, und auf Java ist bey Panaracan ein ähnlicher Berg, der sehr viel Feuer ausspeyet. Mitten auf der Insel Sarca, welche eine von den molukkischen Inseln ist, war ehedem ein sehr großer Vulkan, der im Jahre 1693. auf eine fürchterliche Art tobte, und sehr viele glühende Materien auswarf; seit der Zeit ist er aber nie wieder in Entzündung gerathen, und er scheint daher ganz verloschen zu seyn *).

Cook und Forster sind am 5. Aug. 1774. Augenzeugen des Ausbruchs eines Vulkans auf der Insel Tanna, die unter die neuen Hebriden gehört, gewesen; die Insel Bourbon hat ebenfalls einen berühmten Berg dieser Art, und auf der Insel Madagascar gibt es viele warme Quellen, die, wie man weiß, Zeugen unterirdischer Feuer sind.

Amerika ist vorzüglich reichlich mit Vulkanen versehen; so ist z. B. ein solcher Berg zu Mexico bey Tlaskala, und ein anderer an der Hondurasbay nahe bey Guatimala: auch zu Colima, zu Orizava bey Vera-Cruz; ferner über dem Südmeere zu Rialejo bey Amapalla, und auf der Insel Nicaragua hat man dergleichen Berge entdeckt, die zum Theil schon lange gebrannt haben mögen. Auf der Insel Grenada ist bey Tocayma ein Vulkan; auch Jamaica hat einen solchen Berg, und eben dieß gilt von Guadeloupe; die antillischen Inseln sind oft heftigen Erderschütterungen ausgesetzt. Peru hat sehr viele Vulkane, die zum Theil verloschen sind, zum Theil noch brennen, die vorzüglichsten von den letztern sind der Areguiba, der Pichincha, der Catopaxi, und der Sangay. Unter den verloschenen Vulkanen, mit welchen dieses Gebirge angefüllt ist, zeichnet sich der Chimboraço besonders aus. Die Inseln des mexicanischen Meerbusens, ferner die azori-

*) S. Lulofs Einleitung zur Kenntniß der Erdkugel. A. d. Holl. durch Kästner. Altenb. 1755. 4. §. 233.

azorischen und kanarischen Inseln, auch Madera und die Inseln des grünen Vorgebirges sind sehr oft den nachtheiligen Wirkungen, die unterirdische Feuer hervorbringen, ausgesetzt; die kanarischen Inseln haben drey berühmte Vulkane, einen auf Teneriffa, einen andern auf der Insel Ferro, und einen dritten auf der Insel Palma, und auf dem grünen Vorgebirge ist auf der Insel del Fuego ein ähnlicher Berg, der oft durch seine Ausbrüche Schrecken um sich her verbreitet. An der Seite von Fez findet sich eine Höhle, die fast immer Rauch und zuweilen auch Flamme von sich gibt. Die Bewohner dieser Gegend haben diese Höhle Beniguazeval genannt. Zu Conilla bey Cadix sind an mehreren Orten unterirdische Feuer, welche zur Entstehung schön krystallisirter Schwefelblumen Gelegenheit geben. Auch unter Lissabon sind dergleichen Feuer, wie das schreckliche Erdbeben beweist, durch welches diese Stadt im Jahre 1755. zerstört ward, und in Spanien finden sich viel verloschene Vulkane.

Der nördliche Theil von Europa nährt nicht weniger, als der südliche, viel unterirdische Feuer in seinem Schooße, die oft zu gefährlichen Ausbrüchen gekommen sind. So findet man im Fürstenthum Wallis, zu Cadairidris, in Irland, besonders zu Antrim, in Schottland, auf den hebridischen Inseln, zu Staffa u. s. viele verloschene Vulkane, und Island zeigt uns fast überall theils Ueberbleibsel von solchen Bergen, theils noch jetzt brennende Vulkane, unter welchen der Hekla und der Katlegiaa die berühmtesten sind; ja man kann vielleicht nicht ohne Grund behaupten, daß der größte Theil dieser Insel sein Daseyn solchen unterirdischen Feuern zu verdanken hat *).

Mehrere von den bisher angeführten vulkanischen Bergen sind zwar verloschen, allein man kann auch nicht zweifeln, daß einige derselben immer noch ganz ruhig und still brennen, und daß es ihnen, um Ausbrüche zu veranlassen, nur an Wasser

*) S. Olaffens und Povelsens Reise nach Island. Kopenh. u. Leipz. 1774. 4.

Wasser oder einem andern hierzu schicklichen Mittel fehlt; denn man findet bey mehreren solchen Bergen, z. B. bey der so genannten Coupe in Vivarais, Schwefelsäure, die ununterbrochen ausdunstet, oder, wie bey dem Puy-de-Dome, flüssiges Erdharz, und diese Produkte beweisen, daß es diesen Bergen noch nicht an Brennmaterialien mangelt. Uebrigens gibt es gewiß auch viele unterirdische Feuer, von deren Daseyn wir gar keine Kenntniß haben.

Von den Feuern, die sich unter dem Meere finden, sind wir noch weniger unterrichtet, als von jenen; es scheint aber, daß ihre Anzahl größer seyn möge, als man gemeiniglich glaubt. Man sieht, daß die Insel Delos, die vor 1700 Jahren aus dem Meere empor gehoben worden ist, noch jetzt immer mit solchen Feuern kämpfen muß. Alle die Meere, welche die azorischen und kanarischen Inseln und das grüne Vorgebirge umgeben, scheinen ähnliche Feuer unter sich zu haben, und eben dieß muß man auch von den Meeren behaupten, welche an Jamaica, an Guadeloupe, an Java, Ternate, Banda, Formata, an die verschiedenen japanischen und marianischen Inseln, an die neuen Hebriden u. s. angränzen. Indessen sind noch nicht Beobachtungen genug angestellt worden, um alle die Orte, wo sich dergleichen Feuer unter dem Meere finden, angeben zu können.

Man trifft in allen Arten von Erd- oder Gebirgslagen Schlünde von Vulkanen an; die des Mont d'Or und des Puy-de-Dome, z. B. sind in ursprünglichen, und die bey Cairon in kalkartigen Gebirgen; doch scheinen die meisten vulkanischen Gebirge einzig und allein aus vulkanischen Materien gebildet zu seyn.

Man kann leicht denken, daß eine eben so wichtige als furchtbare Erscheinung der Natur Veranlassung gab, die Ursache ihrer Entstehung bald aufzusuchen. Die ältern Naturforscher glaubten, sie sey die Wirkung eines mitten im Kerne der Erdkugel immerwährenden brennenden Feuers, welches aus den Ritzen und Spalten hervordringe. M. s. Centralfeuer. In der Folge erkannte man aber, daß diese grobe Vor-

Vorstellung des unterirdischen Feuers bey weiten nicht zureiche, die vulkanischen Phänomene zu erklären. Da aber doch das unterirdische Feuer die nächsten Ursachen der Ausbrüche sind, so sahe man sich genöthigt, dasselbe näher an die Oberfläche der Erde zu setzen, und von seiner Entstehung und Fortsetzung die nähern Ursachen aufzusuchen. Es war dabey nun nicht schwer, auf Entzündungen, welche von selbst erfolgen, zu verfallen; allein es waren damahls noch wenige Erscheinungen dieser Art bekannt.

Erst Martin Lister [a]) kam auf den Gedanken, die Vulkane, Erdbeben und Gewitter aus den entzündeten Dämpfen der Schwefelkiese herzuleiten. Diese Dämpfe hielt er für wahren Schwefel, welche die Fähigkeit besäßen, durch Reiben oder Vermischung anderer Substanzen sich von selbst zu entzünden. Die Selbstentzündung hielt er nicht einmahl zur Erklärung der Vulkane für nöthig, weil er der Meinung war, daß diese noch von der Schöpfung her unaufhörlich fortbrennten.

Lister's Gedanke erhielt durch den ältern Lemery [b]) ein unerwartetes Licht. Er stellte folgenden Versuch an, der in der Physik ungemein berühmt geworden ist. Er mischte gepulverten Schwefel mit Eisenfeile zu gleichen Theilen, und knetete die Masse mit eben so vielem Wasser zu einem Teige. Aus dieser Mischung stieg sogleich ein schweflichter Geruch auf, und etwa nach 3 Stunden erhitzte sie sich, ward schwarz, schwoll auf, erhärtete an der Oberfläche, bekam Risse, und verbreitete durch diese brennende Dämpfe, welche bey der Berührung der Luft in Flamme ausbrachen. Nachher vermischte Lemery 25 Pfund von jeder Materie zusammen, that diese Mischung zur Sommerszeit in einen Topf, den er mit Leinwand bedeckte, vergrub ihn, und that ein Fuß hoch Erde darüber. Einige Zeit darnach ward die Erde warm, erhob sich, bekam Risse, aus welchen heiße Schwe-

a) The cause of the Earth-quakes and Volcano's in Philosoph. Transact. n. 157. p. 512.

b) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris, an. 1700.

feldämpfe hervorbrachen, und zuletzt eine Flamme, welche schwarzes und gelbes Pulver umher warf. Dieser Versuch stellte gleichsam einen klaren Vulkan vor. Lemery fand, daß bey allen feuerspeyenden Bergen Schwefel und Eisentheile angetroffen werden, und es war ihm daher um so weniger zweifelhaft, daß die Vulkane auf diese Art entstehen müßten. Nur der einzige Umstand schien ihm schwierig, wie die Luft, welche bey der Selbstentzündung Bedingung sey, so tief in die Erde kommen könne. Er glaubte aber diese Schwierigkeit so zu heben, daß es in der Erde, besonders in den warmen Ländern, wo dergleichen Erscheinungen gewöhnlich zu Hause sind, eine Menge verborgener Gänge und Klüfte gebe, in welche durch die Spalten, die durch die Einwirkung der großen Sonnenwärme an verschiedenen Orten entständen, die Luft eindringen könnte.

Lemery's Versuch ist nach der Zeit mit gleichem Erfolge vielfältig wiederhohlt worden, und man hat seit dieser Zeit fast allgemein angenommen, daß die Entstehung der Vulkane wirklich so erfolge. So richtig es aber auch ist, daß durch die Verwitterung der Schwefelkiese bey hinreichendem Zutritte der Luft und des Wassers Selbstentzündungen entstehen können; so scheinen doch diese Kiese bey weiten nicht hinreichend zu seyn, die unterirdischen Feuer eine lange Reihe von Jahrhunderten zu unterhalten. Es gibt keinen Vulkan, in welchem sich nicht Salmiak und Erdöhl befände; es läßt sich also mit der größten Wahrscheinlichkeit behaupten, daß Steinkohlen, Torf oder unterirdische Hölzer, in welchen sich Schwefelkies erzeugt hat, die eigentlichen Nahrungsmittel des Feuers der Vulkane sind. Indessen scheint der Umstand, daß man in allen Arten der Gebirge Vulkane antrifft, dieser Meinung nicht recht günstig zu seyn. Wirklich gibt es auch in oder nahe bey ursprünglichen Gebirgen, in welchen doch nie Erdharze, Torf oder bituminöse Hölzer vorkommen, unterirdische Feuer, und diese Erscheinung scheint also jener Behauptung zu widersprechen. Allein dieser Widerspruch ist nur scheinbar, und läßt sich leicht heben.

Die

Die Steinkohlenschichten finden sich zwar immer in Gebirgen von zweyter Entstehung, doch hängen sie sehr oft unmittelbar mit ursprünglichen Gebirgslagen zusammen; das Feuer brennt aber eigentlich nicht in diesen, sondern in jenen Gebirgslagen. Nimmt man nun an, daß hinzukommende Wasserströme Erschütterungen und Auswürfe zu Wege bringen, so wird sich ein Schlund der Länge nach an den Granitbergen bilden, das Gestein dieses letztern wird vom Feuer angegriffen werden, und zum Theil auf den Herd des Vulkans herabstürzen; es wird also scheinen, als wenn sich der Schlund in der Mitte des Granitberges selbst befände. Auf diese Art hat sich wirklich ein Schlund in einem Granitberge bey Creuzot gebildet, und es ist kein Zweifel, daß viele andere Vulkane, die sich in solchen Gebirgen finden, auf eben diese Weise ihr Daseyn in denselben erhalten haben, und daß der eigentliche Herd eines feuerspeyenden Berges nicht im Granit zu suchen sey. Der Aetna z. B. lehnt sich an der Nordseite an Granitberge, und auf der Mittagsseite an Kalkberge an; man kann also versichert seyn, daß der Feuerherd desselben seinen Sitz in den erdharzigen Substanzen, die in der Mitte zwischen diesen beyden Gebirgen liegen und wahrscheinlich in Schieferschichten, habe. Die Ausbrüche haben Gelegenheit gegeben, daß sich der Schlund in diesem Raume zwischen jenen Gebirgen gebildet hat, von welchen nach und nach wechselsweise oder auch zu gleicher Zeit immer mehr Stücken auf den Herd des Vulkans herabgefallen seyn werden. Bey dem Vesuv, auf den aeolischen Inseln u. s. f. trifft man ebenfalls sehr oft auf der einen Seite der Vulkane ursprüngliches, und auf der andern später entstandenes Gebirge an.

Man könnte vielleicht noch einen andern Einwurf wider diese Meinung von dem starken Geruche nach Schwefelsäure, den der Rauch der Vulkane verbreitet, hernehmen, und man könnte aus dieser Erscheinung folgern, daß das Feuer bloß durch Schwefelkies erhalten werde. Allein die Steinkohlen

 haben

haben fast immer viel Schwefelkies in sich, und dieser wird die Ursache jenes Geruchs seyn.

Man kann also wohl nicht zweifeln, daß die eigentlichen Nahrungsmittel der Feuer der Vulkane, Erdharze und Schwefelkiese sind; denn außer diesen Substanzen, gibt es, wie bekannt, keine verbrennlichen Körper im Schooße der Erde. Man kennt sehr viele Steinkohlengruben, welche sich von selbst entzündet haben [a]). Daß dergleichen Flöze zu vulkanischen Ausbrüchen Gelegenheit geben, und lange Zeit unterhalten können, ist besonders vom Herrn Werner [b]) in Freyberg dargethan worden.

Der Schwefel und die Schwefelsäure, die man in beträchtlicher Menge bey den Vulkanen antrifft, beweisen deutlich, daß es an solchen Orten Schwefelkies gibt. Aus dem Schlunde des Piks von Teneriffa fließt sehr viel Schwefel hervor, so daß man leicht eine ansehnliche Menge davon auf dem Schnee, mit welchem der Berg bedeckt ist, sammeln kann; auch an der Solfatara, am Fuße des Aetna, in der Gegend um den Hekla herum u. s. f. findet man sehr viel Schwefel.

Das Daseyn erdharziger Substanzen in den Vulkanen ist eben so wenig zweifelhaft, als das des Schwefels; denn man trifft in denselben viel Salmiak und flüchtiges Laugensalz an: dieses letztere kann aber nirgends anders als von zersetzten erdharzigen Substanzen, abstammen; denn die Steinkohlen geben, so wie der Torf, bey der trocknen Destillation dergleichen Laugensalz; aus den Kiesen hingegen kann man kein solches Alkali darstellen. Wenn sich nun dieses Salz mit Kochsalzsäure, die wohl am gewöhnlichsten vom Meer-

a) Zuverlässige Nachricht von dem unterirdischen Feuer der Steinkohlengebirge in Planitz, nebst den Mitteln, welche zu dessen Dämpfung in vorigen und neuerlichen Zeiten angewendet worden sind. Herausgegeben von C. F. Koch. Leipz. u. Zwickau, 1768. 8.

b) Versuch über die Entstehung der Vulkane durch Entzündung mächtiger Steinkohlenflötze, als Beytrag zur Geschichte des Basalts, in Höpfners Magazin für die Naturgeschichte Helvetiens. B. IV.

Meerwasser dargereicht werden mag, verbindet, so entsteht Salmiak.

Der dicke Rauch, der aus den Schlünden der feuerspeyenden Berge empor steigt, ist demjenigen ganz ähnlich, den brennende erdharzige Materien von sich geben; er sieht schwarz aus, steigt bis zu einer gewissen Höhe, und fällt dann wieder auf sich selbst zurück; manchmahl, besonders wenn die Ausbrüche der Vulkane sehr heftig sind, zeigt sich aber auch dieser Rauch unter der Gestalt weißer Flocken; diese Erscheinung gewährt er dann, wenn er sich schon wirklich entzündet hat, oder so eben zu brennen anfangen will. Aus allen Vulkanen erhebt sich ein mehr oder weniger schwarzer Rauch, und diesem folgen gemeiniglich bald Flammen nach. Die Flammen scheinen zum Theil dem dicken erdharzigen Rauche, der sich dann, wenn die Hitze stärker wird, entzündet, zum Theil aber der entbundenen brennbaren Luft zu zuschreiben zu seyn. Auch behauptet man, daß oft auf dem Meere, in dessen Nähe Vulkane sind, nach vorhergegangenen starken Auswürfen derselben, Erdöhl schwimmend angetroffen würde; so viel ist gewiß, daß mehrere Steine, die solche Berge ausspeyen, gleichsam mit einer öhligen Materie überzogen sind, die viel Aehnlichkeit mit einem flüssigen Erdharze hat.

Diese Erscheinungen bestätigen also die Meinung, daß das Feuer der Vulkane durch erdharzige Substanzen unterhalten wird; überdieß hat man auch an den Seiten mehrerer solcher Berge Steinkohlenschichten entdeckt, und diese Beobachtung ist fast noch mehr, als jene Erscheinungen, geschickt, die Behauptung zu rechtfertigen. So ist z. B. am Aetna eine Steinkohlengrube, und Herr Denon versichert, daß man fast überall an den Küsten Siciliens auf dem Meerwasser flüssiges Erdharz antrifft. Der Georgignano hat sehr gute Steinkohlen in sich, die man gräbt und zu Tage fördert. Die Gegend um den Puy-de-Dome liefert viel weiches Judenpech; Herr von Troil *) hat auf dem Hekla gegrabenes

*) Histoire d'Island.

benes Holz und Schiefer, der mit Pflanzenabdrücken versehen war, gefunden. Kurz, es wird nur wenig brennende, oder verloschene Vulkane geben, in deren Nähe man nicht Spuren von Erdpech, oder von gegrabenem Holze antreffen sollte.

Die größte Schwierigkeit, die man sonst bey den Vulkanen, besonders bey denjenigen, die unter dem Meere sich befinden, fand, war diese, daß man nicht zu erklären wußte, wie sie brennen könnten, ohne eine Gemeinschaft mit der äußern Luft zu haben. Es hat aber die Chemie gezeigt, daß mehrere metallische Kalke, z. B. die Kalke des Braunsteins, des Eisens u. s. f. viel reine Luft aus sich entwickeln, und diese Luft wird zur Unterhaltung jenes Feuers hinreichend seyn. Auch selbst das Wasser wird hierbey zersetzt, und zum Theil in Luft verwandelt, so daß das Feuer auf eine hinlängliche Art unterhalten werden kann. Es ist aber in allen Vulkanen Wasser, und es kann folglich auch auf solche Art eine Entzündung und Verbrennung vor sich gehen, obgleich die freye Luft keinen Zutritt zu den brennbaren Substanzen hat. Diese Erklärung scheint um so mehr gegründet zu seyn, da, wie man weiß, die Steinkohlen selbst im Wasser brennen. Die Feuer unter dem Meere können sich folglich bis zu dem Augenblicke, da etwa ein kleinerer oder größerer Theil der brennenden Materien mit Wasser in unmittelbare Berührung kommen wird, erhalten; denn man muß annehmen, daß gewöhnlicher Weise das Wasser nicht bis zu denselben dringt; von Zeit zu Zeit aber entstehen Risse, durch welche das Wasser in den Feuerherd selbst übergehen kann, und wenn dieß der Fall ist, so wird dann eine lebhafte Bewegung und ein Ausbruch erfolgen. Wenn aber endlich das Wasser in zu großer Menge auf diesen Herd hinfließt, so wird es zuverlässig das Feuer ersticken.

Auch trägt es sich oft zu, daß äußere Luft in das Innere eines Vulkans hineindringt; denn gewöhnlich haben die Schlünde solcher Berge mehrere Luftlöcher, durch welche Rauch davon geht; durch solche Oeffnungen kann aber ohne Zweifel Licht in den Schlund gelangen; es wird nähmlich, indem

indem durch eine solche Oeffnung Dünste entweichen, eine augenblickliche Leere in dem Vulkan entstehen, und die äußere Luft wird sich also gleich durch eine andere Oeffnung in denselben stürzen; so muß also immer eine Art von Luftzug in dem Innern des Vulkans Statt finden.

Ueberdieß kann auch eine Verbrennung ohne allen Zutritt einer gewissen Menge atmosphärischer Luft erfolgen. Diese Wahrheit haben besonders die Herrn **Deiman, Paets van Trooſtwyk, Bondt, Niewland** und **van Laurenburg** erwiesen, und durch Versuche bestätigt *). Diese machten sich Gemische, die den Kiesen ähnlich waren, und entzündeten dieselben so wohl in unreiner, als auch in fixer Luft und in andern Gasarten, ja auch unter Queckſilber, und sie trafen hierbey eine solche Veranstaltung, daß keine atmosphärische Luft zu ihren Gemengen kommen konnte. Die Gemische, die sie zu diesen Versuchen gewählt hatten, bestanden theils aus Kupfer und Schwefel, theils aus Eisen, Zink, Zinn, Bley, Silber, oder einem andern Metalle und Schwefel; sie erhitzten sie dann nach und nach, und so wurden sie die erwähnte Erscheinung gewahr. Alle diese Mischungen sind aber künstliche Kiese, und man kann also folgern, daß, wie sich diese ohne freyen Zutritt einer reinen Luft entzündet haben, auch die natürlichen aus Schwefel, Eisen und am öftersten auch aus etwas Kupfer zusammengesetzten Kiese, die in den Steinkohlen einbrechen, sich auf ähnliche Art in den Eingeweiden der Erde, ohne daß irgend eine Luftart dazu kommt, entzünden können.

Ueberdieß ist es auch sehr wahrscheinlich, daß nicht allemahl eine merkliche Verbrennung im Innern der Vulkane Statt findet; vielmehr scheinen die Materien bloß erhitzt zu werden, wobey sich elastische Flüssigkeiten entwickeln, die sich nur dann erst entzünden, wenn sie mit der atmospärischen Luft in Berührung kommen. Aus dieser Ursache sieht man auch die Flamme dann erst aus dem Berge empor steigen, und

*) Journal de physique. 1794. 5 Cahier.

und sich manchmahl bis zu einer außerordentlichen Höhe erheben.

Die Herde der Vulkane scheinen mit einander in Verbindung zu stehen. Der Vesuv z. B. und die Solfatara gewähren, in Rücksicht auf ihre Auswürfe, Erscheinungen, welche anzeigen, daß diese Berge oder ihre Herde mit einander verbunden sind; denn immer, wenn das Feuer des erstern jener Berge stärker wird, nimmt auch das Feuer des letztern an Heftigkeit zu. Mit einigen Vulkanen auf den aeolischen Inseln scheint es dieselbe Bewandniß zu haben, und man hat sogar einigen Grund zu glauben, daß die unterirdischen Feuer mit dem Aetna Gemeinschaft haben; denn der letztere Berg hat oft mit jenen zugleich glühende Materien ausgeworfen. Indessen hat man noch nicht genug Beobachtungen gemacht, um über diesen Zusammenhang mit voller Zuversicht entscheiden zu können.

Auch scheint es, daß der Aetna mit den unterirdischen Brennmaterialien, die sich in Calabrien finden, in Gemeinschaft stehe; denn an den schrecklichen Erschütterungen, welchen dieses Land im Jahre 1783. ausgesetzt war, hatte dieser Vulkan aller Wahrscheinlichkeit nach viel Antheil.

Ob aber die sehr weit von einander entfernten Vulkane unter einander in Verbindung stehen, ist nicht ausgemacht. So viel ist aber gewiß, daß die sehr heftigen Ausbrüche der Vulkane Stöße und Erschütterungen zuwege bringen, die sich außerordentlich weit erstrecken. So ward z. B. am 1sten Nov. 1755. durch das schreckliche Erdbeben zu Lissabon, ganz Portugal erschüttert und in Bewegung versetzt, so daß mehrere Berge zerborsten, und mehrere Gewässer aus ihren Ufern traten und Ueberschwemmungen verursachten. Cadix, Gibraltar, Grenada, Sevilla, Madrid u. s. waren zugleich mehr oder weniger Erschütterungen ausgesetzt, in mehreren Städten in der Barbarey, z. B. in Marocco, Mequinez, Tanger u. s. f. wurden ähnliche Bewegungen verspürt, und das Meer stieg sehr über die Küste empor; Madera wurde ebenfalls erschüttert, und auch die ganze Provence und ein Theil Frank-

reichs

reichs gerieth in Bewegung; selbst im Genfersee und in andern Seen in der Schweiz bemerkte man sonst ungewöhnliche Erscheinungen; denn das Wasser trat in diesen Seen empor, und bewegte sich stark. In Mayland und in andern italiänischen Städten, ferner in Bayern, in Schwaben, in Franken, in Holland, und an den Küsten von England, Norwegen, Schweden und Island, und sogar nach Grönland hin, spürte man an demselbigen Tage heftige Erschütterungen; und ähnliche Stöße empfand man über 6 Monathe hindurch in verschiedenen Theilen von Europa *).

Aus diesen Beobachtungen erhellet, daß sich in ganz Europa und in einem Theile von Afrika bis nach Madera hin an ein und demselben Tage eine heftige Erschütterung äußerte. Indessen scheint diese bloß die Wirkung einer mechanischen Ursache gewesen zu seyn, indem sich die Stöße nur vermittelst der Spalten und Risse fortgepflanzt haben; man kann also hieraus nicht schließen, daß die verschiedenen Herde der Vulkane oder der unterirdischen Feuer unter einander in Verbindung stehen.

Was die Tiefe der Herde der Vulkane unter der Oberfläche der Erde betrifft, so ist diese ohne Zweifel unendlich verschieden. Unter dem Meere haben gewiß die Vulkane ihren Sitz zuweilen in einer beträchtlichen Tiefe; denn als sich im Jahre 1720. nach dem Ausbruche eines Vulkans bey Tercera eine neue Insel gebildet hatte, so fand man an diesem Orte selbst in der Tiefe von 60 Klaftern noch keinen Grund. Es war also dieser Vulkan sehr tief unter dem Meere.

Die gewaltsamen Wirkungen, welche gewöhnlich bey den Ausbrüchen der Vulkane Statt finden, hängen theils von dem in der Gestalt des Dampfes verwandelten Wassers, theils von der Luft ab. Wenn das Wasser auf den Herd des Vulkans kommt, so wird es augenblicklich in Dampf verwandelt; dieser Dampf dehnt sich vermöge seiner expansiven Kraft aus. Ist der Vulkan offen, und besitzt einen Schlund, so kann der Auswurf leicht vor sich gehen, und der Berg wird folglich

*) Collection academique. T. VI.

folglich verschiedene Materien, vulkanische Asche, kleinere Steine, und manchmahl auch ziemlich große Steinmassen, ausspeyen, und sie bis zu einer ziemlichen Entfernung fortschleudern. Eggert Olavsen versichert, daß der Vulkan zu Katlegiaa in Island einen 290 Pfund schweren Stein 4 Stunden weit weggeschleudert habe.

Wenn das Feuer sehr heftig ist, so wird es Alles, was in seinen Wirkungskreis kommt, in einen mehr oder weniger vollkommenen Fluß bringen, und die geschmolzene Masse wird dann unter der Gestalt einer Lava ausgeworfen werden. Wenn aber der Schlund mit dem Herde, auf welchem die Materien brennen und wallen, nicht im gehörigen Verhältnisse steht, so werden die condensirten Dämpfe außerordentliche, und alle Vorstellung übertreffende, Wirkung äußern; sie werden ein Getöse, ein Krachen und Knallen verursachen, das dem ganz gleich seyn wird, das man bey der Entladung der größten Feldstücke hört; der Boden wird erschüttert werden, der Berg wird einen neuen Schlund und eine neue Oeffnung bilden, aus welcher die Lava herausströmen wird; so bald dieß geschehen ist, wird der Berg zu toben aufhören, weil die Dämpfe nun frey entweichen können.

Ueberhaupt scheint es wohl ausgemacht zu seyn, daß es vorzüglich das Wasser ist, welches das meiste zu den erschrecklichen Erscheinungen der Vulkane beyträgt. Die meisten Berge dieser Art befinden sich in der Nähe eines Meeres, sie saugen fast immer zur Zeit des Ausbruchs Wasser ein, und geben es auch wohl, wenn die Menge desselben ansehnlich ist, zugleich mit andern Materien, die aus dem Meere gemeinschaftlich mit dem Wasser in den Vulkan übergegangen sind, kochend von sich. So erzählt Olavsen, daß die Vulkane auf Island bey einigen Ausbrüchen Wasser ausgespien haben, das nach der Verdunstung eine beträchtliche Menge Salz auf der Erde zurückgelassen hat; diese Erscheinung beweist also deutlich, daß das Wasser aus dem Meere in die feuerspeyenden Berge gekommen war. Uebrigens werfen diese Berge fast immer, wenn die Explosion sehr heftig ist,

ist, zugleich mit den übrigen Materien etwas Wasser aus. Indessen ist es das Meerwasser nicht allein, welches zu den Ausbrüchen der Vulkane Gelegenheit gibt; die Gewässer, die sich an der Oberfläche der Erde aufhalten, können ebenfalls solche Wirkung veranlassen. Der Herr von Troil sagt, das schnelle Vertrocknen kleiner Seen von süßem Wasser, und selbst einiger Bäche und Flüsse, ist ein Anzeichen eines nahe bevorstehenden Ausbruchs eines Vulkans. Wenn große Vulkane toben und glühende Materien ausspeyen, so ist gemeiniglich der Lauf des Wassers in den Flüssen, die sich in der Nähe derselben befinden, mehr oder weniger gehemmt, und auch wohl auf eine kurze Zeit ganz unterbrochen. Diese Erscheinung hat darin ihren Grund, daß sich das Wasser durch die entstandenen Spalten oder Risse in den Feuerherd des Vulkans ergießt, und so zu den schrecklichen Bewegungen beyträgt.

Auch die Luft hat einen sehr großen Einfluß auf die erschrecklichen Wirkungen der Vulkane, und es gibt sogar einige Vulkane, die bloß Luft von sich geben. Der Makaluba in Sicilien gehört unter die berühmtern dieser Art. Eine sehr gute Beschreibung von diesem Berge hat Dolomieu *) gegeben. Der untere Theil dieses Luftvulkans scheint aus Kalkstein zu bestehen, die obere Lage desselben aber ist Thon, der immer weich und feucht ist. Dieser Berg gibt ununterbrochen Luft von sich, welche diesen feuchten Thon empor hebt, und so eine Art von Wallen verursacht, das dem Wallen des siedenden Wassers gleicht. Diese Erscheinung nimmt man an diesem Berge nur alsdann gewahr, wenn er in seinem ruhigen Zustande ist; manchmahl geräth er in heftige Bewegung, die Erscheinungen werden fürchterlicher, und der Berg gleicht dann einem tobenden Vulkane. Ein solcher Ausbruch ereignete sich am 30. Sept. 1777., an welchem Tage der Boden um diesen Berg herum so lebhaft erschüt-

*) Reisen nach den liparischen Inseln, a. d. Franz. übers. von Lichtenberg. Leipz. 1783. S. 173. M. s. auch Wundererscheinungen ins Licht gesetzt von Fr. Knoll. Langensalze 1785. S. 83.

erschüttert ward, daß sich diese Wirkung drey italiänische Meilen weit erstreckte; man hörte ein Geräusch, das dem Krachen des stärksten Donners gleich kam, es eröffnete sich ein Schlund, der fast 5 Ellen im Durchschnitte hatte, aus welchem viel Schlamm und Wasser mit solcher Heftigkeit hervordrang, daß diese Feuchtigkeit eine etwa 40 Ellen hohe Säule bildete. Dieser Auswurf dauerte eine halbe Stunde, aber bald nach Beendigung desselben fing der Berg aufs neue zu toben an, und warf noch zu drey verschiedenen Mahlen eine ähnliche Materie aus, die sich dann so anhäufte, daß sie auf dem Boden eine drey Ellen dicke Lage bildete, und die benachbarten Thäler ganz ausfüllte; sie roch stark nach Schwefel.

Nach **Dolomieu's** Meinung muß man diesen Erfolg von der Wirkung der Schwefelsäure des Thons auf den Kalk herleiten; indessen beweist der Schwefelgeruch, daß auch verwitternde Kiese in dem Berge zugegen seyn, und zu jener Erscheinung beytragen mußten.

Ueberhaupt aber spielt bey den feuerspeyenden Bergen die Luft, zu deren Entwickelung verschiedene Ursachen Gelegenheit geben, eine bedeutende Rolle. Es entbinden sich immer aus den Kiesen, die verwittern, eine ansehnliche Menge luftartige Flüssigkeiten, welche zwar größtentheils in entzündlichem Gas bestehen, und also verbrennen; allein außer dieser Luft geht auch Luftsäure, phlogistisirtes Gas, atmosphärische Luft u. s. aus dem Herde des Vulkans hervor. Alle Substanzen, die in Fluß kommen, und aus welchen dann die Laven entstehen, geben ebenfalls viel Luft; die löcherigen Laven überzeugen uns von der Richtigkeit dieser Behauptung, und es ist überdieß eine bekannte Sache, daß alle eisenhaltige Schiefer, alle eisenschüssige Thone u. s. w., wenn man sie schmilzt, sich in löcherige Gläser verwandeln, und viel Luft von sich geben. Diese Luft wird in den geschmolzenen und entzündeten Materien ein lebhaftes Brausen hervorbringen, sie wird gemeinschaftlich mit den Dämpfen des Wassers diese Materie bis an den obersten Theil des Schlundes, der vielleicht eine Höhe von 1000 oder 2000 Toisen hat, empor

heben,

heben, und die Lava wird alsdann aus der Oeffnung des Vulkans herausfließen.

Die sonderbarste Wirkung der unterirdischen Feuer besteht in einigen vulkanischen Gegenden in der Hervorbringung siedender Quellen. Island ist vorzüglich reichlich mit dergleichen Quellen versehen, unter welchen der so genannte Geyser besonders berühmt ist; das Wasser dringt in ansehnlicher Menge aus der Erde hervor, und erhebt sich mehr oder weniger hoch; der Geyser zeichnet sich in dieser Rücksicht am meisten aus; denn die Wassermasse, die er von sich gibt, hat beynahe 9 Fuß im Durchmesser, und steigt 92 Fuß hoch und zuweilen noch höher empor; auch hat sie manchmahl Steine von ziemlicher Größe ausgeworfen. Das Wasser fließt aber nicht ununterbrochen, sondern absatzweise ab und steigt nicht immer gleich hoch; der Abfluß ist beständig mit einem starken Geräusche verbunden, das man nicht nur an der Quelle selbst, sondern auch in den benachbarten Bergen wahrnimmt. Das Wasser strömt nach solchem unterirdischen Getöse, das dem Knallen großer Feldstücke ähnlich ist, und oft Erderschütterungen veranlaßt, stärker hervor, nimmt aber gleich darauf wieder an Menge ab, oder verliert sich ganz. Man sagt, daß auf einem hohen Berge in Madagaskar eine ähnliche, aber noch stärkere, Quelle sey; denn man könne sie schon in einer Entfernung von 20 französischen Meilen auf dem Meere sehen.

Die Erscheinungen, womit der Abfluß des siedheißen Wassers aus den Quellen auf Island vergesellschaftet sind, lassen sich sehr leicht erklären. Das unterirdische Getöse, das vor dem Abflusse des Wassers vorhergeht, wird durch Dünste oder durch Luftarten, die sich entbinden, hervorgebracht; diese feinen Flüssigkeiten entwickeln sich in unterirdischen Rissen und Spalten, oder dringen in dieselben mit Heftigkeit ein, und bewirken so eine Erschütterung der Wände derselben, welche jenes Getöse verursacht. Diese Dünste gelangen dann unter einen Behälter, worin Wasser ist, und treiben so dieses aus seiner Stelle. Diese Behälter sind wahr-

wahrscheinlich Schlünde ehemahliger Vulkane, die jetzt aber verloschen sind. Das Wasser wird mit großer Kraft in diesen Schlünden, welche die Stelle einer Röhre vertreten, empor gehoben, und so zu Tage gebracht. Da aber diese Dünste bald entweder in der Atmosphäre zerstreut, oder durch das Wasser verdichtet werden, so kann die Quelle nicht lange fließen; sie wird aber so oft aufs neue Wasser darreichen, als jene Ursache wieder zu wirken anfängt. Dieser Umstand macht, daß das Wasser nicht ununterbrochen hervorquillt.

Inzwischen können die Vulkane noch weit größere Wirkungen, als die bisher angeführten zu Stande bringen; sie können ganze Berge empor heben und gleichsam ganze Inseln ausspeyen; sie können aber auch andere Inseln und Berge verschlingen. Plato erzählt, daß Rhodis, Delos und 11 andere Inseln aus dem Schoße des Meeres empor gestiegen seyn. Einen ähnlichen Ursprung hat zu den Zeiten des Seneca die Insel Santorin gehabt, und Plinius versichert, daß kurze Zeit nach der Entstehung des Eylandes noch eine andere Insel nahe bey demselben zum Vorschein gekommen, und Santorin selbst nach und nach größer geworden sey. Im Jahre 1707. stellten sich auf dieser Insel, die ihren Ursprung und ihre Vergrößerung Erdbeben verdankt, neue Erderschütterungen ein, die 2 Monath lang anhielten, und in einigen Entfernungen neues festes Land zum Vorschein brachten. Auf Tercera und auf den azorischen Inseln hat man oft ähnliche Erscheinungen beobachtet, und besonders sahe man im Jahre 1720., als in Tercera heftige Bewegungen waren, in einiger Entfernung von dieser Insel mehrere Felsen aus dem Meere empor steigen, die mit Bimsstein bedeckt waren, und Feuer auswarfen. Im Jahre 1783., als Calabrien durch Erdbeben verwüstet worden war, gerieth auch der Hekla in heftige Bewegung, und man sah mitten auf dem Wasser an der isländischen Küste eine neue Insel hervorgehen. Im Jahre 1782. spürte man an der Küste von Formosa gewaltsame Bewegungen unter dem Meere, so daß das Wasser hoch empor

stieg,

stieg, und die Insel überschwemmte. Im Jahre 1538. erhob sich bey Pozzuolo nach einem heftigen Erdbeben ein Berg, den man den Nahmen, Aschenberg, gab, weil er aus vulkanischer Asche zusammengesetzt war; in eben dieser Gegend war, durch ein früheres Erdbeben, ein sehr großes Stück Landes gesunken, so daß eine Vertiefung entstanden war, welche jetzt den See Lucrin ausmacht, der aber durch den Auswurf im Jahre 1538. zum Theil mit Asche und größern und kleinern vulkanischen Steinen ausgefüllt ward. Im Jahre 1692. wurden die Einwohner von Jamaika, und besonders von Port-Royal durch ein fürchterliches Erdbeben in Schrecken versetzt, die eben genannte Stadt ward zum Theil zerstört, und mit Wasser, das aus seinen Ufern getreten war, überschwemmt; an der Nordseite derselben versank mehr als 1000 Morgen Landes mit allen Waaren, Gebäuden u. s. f, die sich darauf befanden, so daß kein Haus auf der Halbinsel unversehrt stehen blieb; die beyden großen Berge, welche da, wo man ans Land stieg, standen, sind in den Zwischenraum, durch den beyde von einander getrennt waren, hinabgestürzt, und haben so, indem sich ihre Trümmern hier anhäuften, den Lauf des Flusses unterbrochen, so daß hier den ganzen Tag hindurch trockener Boden war. Ein anderer Berg, der den zur Seite von Yellows stand, bekam Spalten und stürzte auch zum Theil ein; seine Trümmer verschütteten einen großen Strich angebauetes Land, und mehrere Güter. Auch der übrige Theil der Insel ward sehr verwüstet; in dem Viertel Clavendon bildeten sich, in einer Entfernung von 12 Meilen vom Meere, tiefe Abgründe und große Seen, von welchen jetzt die meisten wieder vertrocknet sind. Ein Berg, der sich bey Pont-Morant befand, wurde gänzlich verschlungen, so daß der Platz, wo er war, jetzt einen 4 bis 5 französische Meilen breiten See vorstellt.

Alle diese angeführten Wirkungen beweisen nun schon hinreichend, daß die Vulkane eine beträchtliche Veränderung auf der Erdoberfläche hervorzubringen im Stande sind. Uebrigens machen die vulkanischen Gebirge selten zusammenhängende

gende Gebirge aus; vielmehr stehen sie meistentheils frey auf ausgedehnten Ebenen in der gewöhnlichen zuckerhutähnlichen Gestalt, insgemein mit deutlichen Spuren eines Craters.

Was das Alter der Vulkane betrifft, so ist dieß unendlich verschieden. Einige scheinen zwischen der Epoche der Flöz- und aufgeschwemmten Gebirge, andere aber erst zur Zeit der Entstehung der letztern gebrannt zu haben. Manchmahl haben sie nur eine dieser beyden Hauptgebirgsarten, manchmahl beyde durchbrochen und überschüttet. In den ursprünglichen Gebirgen sind noch keine vulkanischen Lager mit Gewißheit wahrgenommen worden, ob sich gleich Beyspiele finden, wo Schlünde aus Granitbergen hervorzukommen scheinen; sie sind aber die eigentlichen Lagerstätte der Vulkane nicht. Hingegen finden sich vulkanische Substanzen mit Kalkflözen und calcinirten Conchilien überdeckt, deren Ursprung also in die Zeit fallen muß, da unser festes Land noch Meergrund war.

Nach de Lüc's Theorie sind die alten Vulkane unserer Länder noch unter dem ehemahligen Meere ausgebrochen, dessen Wasser durch die Risse und Spalten im Boden abfloß, und in unterirdischen Höhlen Gährungen hervorbrachte. Die abgeflossenen Laven häuften sich, und bildeten die großen feuerspeyenden Berge; es entstanden zuweilen in abwechselnden Zeitperioden Ausbrüche, und daher kamen die abwechselnden Bodensätze von vulkanischen Substanzen und Meerprodukten. Durch heftige Erdbeben wurden die alten und hauptsächlich die Schiefergebirge erschüttert, und Spalten und Gänge erzeugt, welche sich nachher mit fremdartigen Materien ausfüllten. Die wirklichen Ausbrüche warfen Trümmern des ursprünglichen Bodens um sich her, welche sich auf dem Grunde des Meeres rollten, abrundeten und unter die Bodensätze mengten. Nun stürzten Höhlen ein, der Meeresboden ward immer niedriger, und es bildeten sich zuletzt nur noch sandige und thonige Bodensätze. Zu dieser Zeit tobten die feuerspeyenden Berge heftiger, und schleuderten nach allen Richtungen ungeheure Granitstücken fort. Endlich entstand die große Revolution, welche unser Land aufs Trockene

brachte,

brachte, ebenfalls durch unterirdische Feuer, welches die Höhlen unter dem alten festen Lande durchbrach und einstürzte. In den neu entstandenen Ländern tobten nun noch die Vulkane eine Zeit lang in ihrer völligen Stärke fort, bis sie sich endlich nach und nach legten, und ganz verloschen, weil die Materien austrockneten, und es ihnen am nöthigen Wasser gebrach; sie erhielten sich nur noch in der Nähe des Meeres; dagegen brachen im neuen Meere neue Vulkane aus, welche eine Menge von Inseln aus dem Schooße desselben empor hoben.

Die meisten dieser Behauptungen hat de Lüc durch Beobachtungen auf Reisen zu bestärken gesucht. Freylich hat er die Lücken, wo Thatsachen fehlten, mit lebhaften Ideen ausgefüllt und ergänzt. Indessen bleiben seine Gedanken immer schön und lesenswürdig.

Von andern Systemen, bey welchen die Vulkane zur Veränderung unserer Erde eine vorzügliche Rolle spielen, ist bereits unter dem Artikel, **Erdkugel**, geredet worden.

Gemeiniglich sind die Ausbrüche der Vulkane mit starken Regengüssen begleitet. Der Vesuv z. B. speyet selten Feuer, ohne daß es zugleich stark regnete, und manchmahl verursachen solche Regengüsse große Ueberschwemmungen. Herr **Ferber** *) sagt: "Der Aetna speyet oft Ströme von Wasser aus; ein solcher Erfolg ereignete sich im Jahre 1751. Auch die Vulkane in Amerika ergießen manchmahl eine ansehnliche Menge Wassers, und der Vesuv gibt ihnen in diesem Stücke nichts nach. Im Jahre 1538 floß aus der Mündung des so genannten neuen Berges dieses Vulkans sehr viel Wasser hervor, und eben dieß geschah auch in den Jahren 1689 und 1691., welche letztere Ausbrüche große Verheerungen anrichteten. — Der Vulkan auf der Insel Banda gehört unter die fürchterlichen feuerspeyenden Berge Indiens; seine öftern Ausbrüche sind gemeiniglich mit heftigen Erdbeben und Ueberschwemmungen, die den benachbarten Inseln den Untergang zu drohen schienen, vergesellschaftet."

*) Briefe aus Wälschland an Herrn von Born. Prag, 1773. 8.

Die Wasserströme, welche die Vulkane von sich geben, haben ihren Ursprung von verschiedenen Ursachen; man darf nicht zweifeln, daß das Wasser oft aus dem Meere herströmt, welches sich einen Weg zu dem Feuerherde des Vulkans gebahnt hat, und dann von demselben zugleich mit andern Materien, die derselbe gewöhnlich von sich zu geben pflegt, ausgeworfen wird; der Umstand, daß dieses Wasser salzig ist, beweist dieß deutlich. Indessen kann das Wasser, das der Vulkan ausspeyet, manchmahl aus Bächen oder Quellen in denselben übergegangen seyn, indem oft vor dem Ausbruche Flüsse austrocknen u. s. f.

Es ist auch merkwürdig, daß die Ausbrüche der Vulkane, oft mit elektrischen Erscheinungen verbunden sind. Der Ritter Hamilton hat die leuchtenden Blitze sehr genau beschrieben, die er bey dem Ausbruche des Vesuvs im Jahre 1779. beobachtet hat, und die, wie er versichert, mit heftigen Donnerschlägen vergesellschaftet waren; auch Herr von Troil erzählt, daß er bey dem Ausbruche des Katlegiaa im Jahre 1755. mitten aus den Flammen ein helles Licht habe herausgehen sehen, das einem Blitze ganz ähnlich gewesen sey, und die Felsen, die es auf seinem Wege angetroffen, hier und da durchbohrt, auch 11 Pferde, einen Landmann, und eine Magd u. s. w. getödtet habe. Eben diese Erscheinungen hat man auch bey andern Auswürfen der Vulkane beobachtet, und sie haben ihren Grund ohne Zweifel in den aufsteigenden Dünsten; denn es ist ausgemacht, daß das kochende Wasser, und besonders das Wasser, das auf kochende Materien ausgegossen wird, starke elektrische Wirkungen äußert. In den Vulkanen ist aber ein sehr großer Herd von brennenden Materien, geschmolzene Lava und auch sehr viel Wasser, überdieß findet sich der Gipfel des feuerspeyenden Berges immer in eine dicke Wolke gehüllt, und die Dünste, aus welchen diese besteht, müssen also mit Elektricität überladen seyn; es werden also hieraus Blitze, Donnerschläge u. s. w., wie bey den gewöhnlichen Ungewittern, entstehen.

Die

Die angehäufte Elektricität darf folglich nicht als die Ursache der Erschütterungen und der Stöße, welche die Vulkane verursachen, angesehen werden; sie ist vielmehr selbst eine Wirkung des unterirdischen Feuers, und sie bringt nur in der Folge die gewöhnlichen Erscheinungen hervor. Gleichwohl hat es einige Naturforscher gegeben, welche die Entstehung der Vulkane aus der Elektricität zu erklären gesucht haben. Beccaria *), welcher sonst geneigt ist, mehrere leuchtende Phänomene von der Elektricität herzuleiten, scheint doch bey den feuerspeyenden Bergen sich bloß damit zu begnügen, daß er nur Nachrichten von elektrischen Erscheinungen bey den Ausbrüchen der Vulkane anführt; auch Hamilton ist mit solchen Nachrichten zufrieden, ob ihm gleich die Meinung vom elektrischen Ursprunge der Vulkane insgemein beygelegt wird. Die hauptsächlichsten Vertheidiger der Erklärung der Vulkane durch die Elektricität sind der Abbé Bertholon de St. Lazare β) und der Leibarzt zu Neapel Giovanni Vivenzio γ). Ihre vorzüglichen Gründe dieser Behauptung sind diese: daß unmittelbar nach den Ausbrüchen die Vegetation äußerst lebhaft werde, daß die Vulkane hohe hervorragende Gegenstände sind, nahe am Wasser liegen, viel metallische Substanzen enthalten u. s. f. Als Gegenmittel wider die Vulkane haben sie daher eiserne von beyden Enden zugespitzte und unter der Erde in mehrere Zweige ausgebreitete Stangen unter dem Nahmen von Paratremblemens de terre, und Para-Volcans aufzurichten vorgeschlagen.

M. s. Gehler physikalisches Wörterbuch, Artikel Vulkane, Torbern Bergman physikalische Beschreibung der Erdkugel. Aus dem Schwed. durch Röhl B. II. Greifsw. 1780. 8. §. 150. J. A. de Lüc physik. und moral. Briefe über die Geschichte der Erde und des Menschen. Aus dem Französ. Leipzig, 1781. 8. Th. II. an verschiedenen Stellen.

*) Lettere dell' elettricismo. p. 226.
β) Journal de physique de l'Abbé *Rozier*, Août. 1779.
γ) Istoria et teoria de tremuati, Napoli. 1783. 8.

De la Metherie Theorie der Erde. Aus dem Französ. durch Eschenbach. Th. II. Leipzig, 1797. 8. §. 279. u. f.

Vulkanische Produkte (producta vulcania s. vulcanica, matières volcaniques). Unter diesem Ausdrucke versteht man Körper, welche im unterirdischen Feuer erzeugt, oder doch wenigstens durch selbiges beträchtlich verändert, und von den feuerspeyenden Bergen ausgeworfen worden sind. Für den Geologen ist die Kenntniß dieser Produkte äußerst wichtig, weil man aus der Gegenwart derselben an solchen Orten, wo jetzt keine Ausbrüche der Vulkane erfolgen, auf vormahls vorhanden gewesene feuerspeyende Berge schließen kann.

Bey der Bestimmung der vulkanischen Produkte finden sich gewisse Schwierigkeiten, die sich wohl schwerlich werden ganz heben lassen. Die unterirdischen Feuer wirken nähmlich auf die in ihrem Wirkungskreise befindlichen oder hineinstürzenden Körper auf eine solche unendlich verschiedene Art, daß es uns wohl nicht möglich ist, alle diese Wirkungen genau zu bestimmen und anzugeben. Daher kommt es, daß verschiedene Naturforscher und Chemiker manche Substanzen, welche die Vulkane ausspeyen oder in sich enthalten, als wirkliche vulkanische Produkte betrachten, welche es gleichwohl nicht sind, und wieder andere Materien als keine solchen, die gleichwohl merkliche Veränderungen im Innern des Vulkans erlitten zu haben scheinen. Einer der ersten Vulkanisten, Déodot Dolomieu [a]) bemerkt, daß die Fortschritte unserer Kenntnisse in der Naturgeschichte der Vulkane weit rascher würden gewesen, und die Theorie der unterirdischen Entzündungen vervollkommnet worden seyn, wenn man mehr Methode in das Verzeichniß der vulkanischen Produkte gebracht, und wenn man immer die Stoffe, welche wirklich durch unterirdisches Feuer angegriffen und abgeändert worden, von denen, welche nur unter sehr entfernten Beziehungen den Vulkanen angehörten, oder welche sogar mit ihrer

a) Journal de physique. 1794. in Grens neues Journal der Physik. B. III. S. 198. u. f.

ihrer Entzündung gar nichts zu thun hätten, zu unterscheiden gewußt hätte. Man habe aber die Umstände und die Epochen, worin jede der in einem vulkanischen Gebirge angehäuften Substanzen hervorgebracht seyn konnte, nicht genugsam beobachtet und unterschieden; man habe häufig Bodensätze einer spätern Infiltration mit Materien, die weit früher gewesen, als die Entzündung der Vulkane, deßhalb verwechselt, weil sie sich in Gebirgsmassen die den Laven zur Basis gedient hätten, eingeschlossen fanden; man habe oft Materien mit solchen Substanzen zusammengestellt, deren Entstehung, Abbildung und Art zu seyn der Einwirkung der Hitze zu zuschreiben sey; indem man immer geneigt gewesen sey, dasjenige einerley Wirkungsmittel zu zuschreiben, welches, weil es sich an einerley Orte angehäuft befinde, von einerley Umständen abzuhängen scheine. Diese Unordnung in der Zusammenstellung der vulkanischen Produkte habe Verwirrung in die Begriffe gebracht, und man müsse nothwendig falsch von der Art urtheilen, wie das unterirdische Feuer wirke, wenn man ihm Wirkungen zuschreibe, woran es keinen Theil habe; man mache falsche Muthmaßungen über seine Natur, man irre sich in der Meinung seiner Wirksamkeit, wenn man die Materien verkenne, die es wirklich verändert habe, und sie nicht von denen unterscheide, die seinem Angriffe widerstanden haben. Dieser Mangel an Methode sey Ursache gewesen, worin einige berühmte Naturforscher gerathen wären, die, weil sie nicht Gelegenheit gehabt hätten brennende Vulkane zu studieren, die Analogie zur Erklärung erloschener Vulkane nicht hätten anwenden können. Sie wären genöthigt gewesen, ihr Vertrauen auf Sammlungen, die in der Eil gemacht wären, oder auf mangelhafte Verzeichnisse zu setzen; anstatt der gehofften Aufklärung hätten sie nur falsche Begriffe erhalten, welche, statt ihnen die verlangten Kenntnisse zu verschaffen, sie vielmehr von ihrem Zwecke entfernt hätten; sie hätten sich ohne Hülfsmittel befunden, die verschiedenen Widersprüche, die sich bey der gewöhnlichen Anhäufung ganz und gar unähnlicher Gegen-

stände in vulkanischen Gebirgen der ältern Epoche zu finden geschienen, zu heben. Einige, welche den unwidersprechlichen Eindruck des Feuers auf die von ihnen untersuchten Substanzen erkannt, hätten gewollt, daß Alles, was diese umgeben, ebenfalls den unterirdischen Feuern zugehört habe. Andere, welche an einigen Schichten der Gebirge, deren Natur sie zu bestimmen gesucht, unbezweifelte Beweise des Einflusses des Wassers, und die unverkennbare Beute des Meeres daran wahrgenommen, hätten sich nicht überzeugen können, daß andere Stoffe dazwischen von einem andern Agens herrührten. Die erstern, beschäftigt das Reich des Feuers, dessen Spuren sie entdeckt hätten, auszudehnen, hätten alle schwarze Steine als Laven angesehen; die andern, welche fast Alles einem Agens abgesprochen, dessen Wirkung ihnen übertrieben geschienen, hätten nichts für vulkanische Materien anerkennen wollen, als Schlacken und Verglasungen, welche beyde doch in den erloschenen Vulkanen sehr selten wären. Daraus wären entgegengesetzte Systeme entstanden, die Alles einem großen Mittel der Natur mit Ausschluß des andern zuschrieben; und ihre Vertheidiger hätten desto zuversichtlicher auf ihre Meinung bestanden, da sie sich auf Thatsachen gestützt hätten, die ihnen unbezweifelt geschienen.

Herr Dolomieu hat sich bemüht, alle Materien, welche nur irgend eine Beziehung auf die Wirkung der Vulkane zu haben scheinen, in eine methodische Classification mit gehörigen Unterabtheilungen zu bringen, wovon umständlich zu reden, wider meinen Zweck seyn würde. Er bringt sie alle auf 5 Classen zurück.

Die erste Classe enthält nur solche Materien, welche wesentlich zum Vulkan gehören, indem das unterirdische Feuer auf eine directe und unmittelbare Art darauf gewirkt hat. Diese Produkte erkennt er bloß als wahrhaft vulkanisch, weil sie den Zustand, worin sie sich befinden, lediglich den Wirkungen unterirdischer Entzündungen verdankten.

Die

Die zweyte Classe begreift diejenigen Materien, welche noch in der Tiefe der Erde, wo sie seit ihrer Bildung sich befanden, liegen würden, wenn die innere Entzündung sie nicht zu Tage gebracht hätte; auf welche aber das Feuer keine direkte Wirkung gehabt, und sie so wenig erhitzt worden sind, daß sie keine Veränderung erlitten, und keine neue Modification von der Ursache erfahren haben, die sie aus ihrer natürlichen Lage riß, und sie mit den Produkten der ersten Classe vermengte.

In die dritte Classe gehören diejenigen Materien, auf welche die Vulkane durch Hülfe saurer vom Verbrennen des Schwefels herrührende Dämpfe gewirkt haben, und welche dieser Ursache die Veränderungen, die sie erlitten haben, und die ganze Umänderung ihrer Mischung verdanken.

Die vierte Classe enthält diejenigen vulkanischen Materien, die nach ihrem Austritt vom Feuerherde späterhin Veränderungen erlitten haben, die nicht der vulkanischen Einwirkung zu zuschreiben, und von der Entzündung ganz unabhängig sind.

Die fünfte Classe endlich macht die Geschichte der Vulkane dadurch vollständig, daß sie alle diejenigen Materien begreift, welche die Epochen, wo sie zu brennen angefangen haben, und ihre Ereignisse kennbar machen, indem sie alle die Thatsachen verknüpfen, welche den Antheil, den das unterirdische Feuer bey ältern Revolutionen der Erde gehabt hat, anzuzeigen dienen, und indem sie sichere Beweise der großen Catastrophen geben, die unsere Continente erlitten haben, seitdem vulkanische Gebirge die Unebenheiten ihrer Oberfläche vermehrten.

Unter allen Materien, welche den Vulkanen zugehören, bleiben dem Geologen die so genannten vulkanischen Steine vorzüglich merkwürdig. Sie sind durchaus Produkte des Feuers, dem sie wie die Schlacken, das Glas, die Fritten, ihre Härte zu verdanken haben. Da es nun keinen Zweifel unterworfen ist, daß alle keinesweges einer gleich starken

Wirkung des Feuers ausgesetzt gewesen sind, so lassen sie sich mit de la Metherie in folgende fünf Abtheilungen bringen:

Die erste Abtheilung begreift diejenigen Steine in sich, welche durchs Feuer in wirkliche Gläser verwandelt worden sind.

Die zweyte Abtheilung enthält diejenigen, welche nur zur Hälfte eine glasartige Beschaffenheit haben.

Zur dritten Abtheilung gehören diejenigen Steine, die durch die Kraft des Feuers noch weniger, als die der vorhergehenden Abtheilung, verändert worden sind.

Die vierte Abtheilung faßt diejenigen Produkte in sich, welche dem Feuer ausgesetzt gewesen sind, ohne daß sie eine merkliche Veränderung ihrer ursprünglichen Eigenschaften erlitten haben, und

zur fünften Abtheilung gehören diejenigen Steine, die nicht Produkte der Vulkane sind, sondern nur in dergleichen Substanzen vorkommen, und gleichsam in denselben liegen.

Das vulkanische Glas besteht aus Materien, welche durch die Wirkung des Feuers der Vulkane in den Zustand eines wahren Glases versetzt worden sind. Dieß Glas hat meistentheils eine schwarze Farbe, und gleicht dem schaumartigen Wesen, das einige Eisensteine beym Ausschmelzen des Eisens geben; diese Aehnlichkeit beweist, daß die Materien, aus welchen das Glas entstanden ist, Eisen in ihrer Mischung gehabt haben; und meistentheils wird es aus eisenhaltigen Schiefern hervorgebracht, die über Steinkohlen liegen. Dieses Glas wird in Peru Obsidian genannt, und man hat es in Island oft für schwarzen Achat gehalten.

Die meisten vulkanischen Steine besitzen keine vollkommene glasartige Beschaffenheit, sie sind nur zum Theil in die Verglasung übergegangen, und haben daher mehr das Ansehen einer Fritte. Man kann in Rücksicht auf die Wirkung, die das Feuer hervorbringt, verschiedene Grade unterscheiden. Die **Bimsteine** (pumices, pierres-ponces) sind diejenigen Produkte dieser Art, welche, so zu sagen, etwas mehr als zur Hälfte verglaset sind; sie bestehen aus fast ganz verglaseten Fasern oder Fäden, die aber etwas von einander entfernt

entfernt sind, und sie stellen vermöge dieser Bauart einen sehr porösen Körper vor. Es findet sich dieß vulkanische Produkt im Ganzen genommen selten, auf den aeolischen oder liparischen Inseln aber trifft man es häufig, woher auch der meiste Bimstein im Handel herkommt. Auch findet er sich in Auvergne und am Rhein. Hamilton leitet seine Entstehung von glasigter, erst bey späterem Erkalten ausgesprützter, Lave, Bergman *) von ausgebranntem Asbest, Dolomieu aus Glimmerschiefer und leichtflüssigen Graniten her; de Lüc glaubt, er bestehe aus geschmolzenen Materien, und werde erst weiß und leicht, wenn er eine Zeit lang an der Sonne und der Luft gelegen habe.

Die Laven sind aber die vorzüglichsten Produkte der unterirdischen Feuer. Es gibt zwey Arten von Laven, poröse und dichte.

Die porösen Laven sind den Eisenschlacken sehr ähnlich; sie sind überdieß hart, schwarz und spröde, sie geben einen Klang von sich und werden vom Magnet angezogen. Wenn sie der freyen Luft ausgesetzt werden, so zerfallen sie an der Oberfläche, und sehen dann aus, als wenn sie mit Eisenrost überzogen wären. Sie haben mehr oder weniger große Löcher in sich. Diese löcherigen Laven sind ohne Zweifel im Flusse gewesen, und haben durchs Feuer eine beträchtliche Veränderung erlitten. Doch mangelt ihnen, wie den Schlacken, das eigentlich so genannte Ansehen; sie besitzen mit einem Worte alle Eigenschaften der so genannten Fritten.

Die dichte Lave ist ohne Löcher, wenigstens lassen sich dergleichen nicht durchs Gesicht entdecken; sie stellt eine gleichartige, harte, klingende, schwärzliche, eisenschüssige Substanz vor, die ebenfalls eine Wirkung auf den Magnet und die Magnetnadel äußert; sie ist fast eben so zerbrechlich, wie das Glas; man darf nur die größern Stücke bey einem mäßigen Feuer erwärmen, und sie dann mit kaltem Wasser besprengen, so kann man sie leicht kleiner machen. Auf dem Bruche

*) De productis vulcaniis in nov. Acad. reg. societ. Upsal. T. III. ingl. opuscul. Vol. III.

Bruche ist diese Lava matt, und man kann auf demselben ein sehr feines Korn unterscheiden, das, ob es schon nicht glasartig ist, doch auch dem Korne nicht gleicht, welches die Steine auszeichnet, die durch das Wasser gebildet worden sind. Zuweilen bemerkt man auf dem Bruche kleine Löcher oder Räume, welche oft eine erdige Materie in sich haben, und überhaupt unterscheidet sich diese Lava von der porösen nur dadurch, daß sie keine so beträchtlichen Blasen oder leeren Räume in sich hat; sie ist dichter als die gemeinen Steine.

Ein anderes hierher gehöriges vulkanisches Produkt ist der so genannte vulkanische Sand (lapilli, Rapillo, Rena del Vesuvio). Mit diesem Nahmen bezeichnet man einen Stein, der in kleinen Stücken vorkommt, und von feuerspeyenden Bergen ausgeworfen wird. Bisweilen ist er so fein, daß er während des Ausbruchs in verschlossene Schränke eindringt, nähert sich der Holzasche, und wird alsdann vulkanische Asche genannt. Mit dieser Substanz überdecken die Vulkane oft sehr weite Strecken, und daraus bildet sich auch die Masse der Kegel.

Auch die so genannte Puzzolanerde (terra puteolana, cineres Vulcanorum, pozzolana) ist eine vulkanische Asche, welche sich von der vorhergehenden Art darin unterscheidet, daß die Theilchen derselben nicht unter einander zusammen hängen; die Hitze, der sie ausgesetzt gewesen, hat nicht zugereicht, um zu bewirken, daß diese Theilchen hätten zusammenbacken und eine feste Masse ausmachen können. Man findet sie in allen vulkanischen Gegenden *), und gibt mit Wasser und Kalk vermischt einen vortrefflichen Mörtel, wozu ihn auch schon die Alten häufig zum Bauen gebrauchten. Die meisten Puzzolanerden sind durch die Einwirkung der Luft verändert, und in einen thonartigen Zustand versetzt worden.

Ein

*) E. Desmarest über die Puzzolanen in Auvergne, in der Samml. zur Physik und Naturgesch. B. II. St. 1. S. 105. *Faujas de la Fond* sur les volcans éteints du Vivarais etc.

Ein anderes Produkt der Vulkane, der Traß, Terras oder die vulkanische Tufa (tophus Vitruv., Torras) entsteht durch die Verhärtung der Puzzolane und des vulkanischen Sandes zu einer steinartigen Masse, welche wegen des Antheils von Kalkerde mit Säuren brauset, und viel fremde Beymischungen enthält. Zerstoßen oder gemahlen zeigt er die bindende Kraft der Puzzolane, und wird zum Mörtel gebraucht.

Die Beschaffenheit der porösen und dichten Lava scheint anzuzeigen, daß diese Produkte aus schieferigen, thonartigen und eisenhaltigen Fossilien gebildet worden sind, welche durch die Bildung des Feuers eine mehr oder weniger starke Veränderung erlitten haben, und die Eigenschaften, welche die Puzzolane besitzt, bestätigen dieß Urtheil. Auch ist es eine bekannte Sache, daß man aus thon- und eisenhaltigen Fossilien durch Erhitzung derselben eine künstliche Puzzolane darstellen kann. Alle eisenhaltige Schiefer geben, wenn man sie einem heftigen Feuer aussetzt, harte, klingende und zerbrechliche schwarze Fritten, die eine Wirkung auf die Magnetnadel äußern, und mehr oder weniger porös oder schwammicht sind; wenn man aber diese Fossilien eine sehr lange Zeit im Feuer läßt, so gehen sie in einen vollkommenen Fluß über, und verwandeln sich in eine gleichartige, mehr feste und weniger poröse Materie. Auf gleiche Art entstehen die dichten Laven. Diese machen die großen Massen der Lavaströme aus, deren Gewalt in dem Augenblicke, wo sie sich durch Oeffnungen an den Seiten der Vulkane ergießen, manchmahl so groß ist, daß sie Alles, was sie auf ihrem Wege antreffen, fortreissen, umstürzen und zerstören; man hat Ströme davon wahrgenommen, welche Hügel von Schlacken durchbrachen, empor hoben, und mit sich forttrugen. Wenn das Hinderniß wegen seiner Festigkeit der Impulsion nicht nachgibt, so häuft sich die Lava am Fuße desselben an, wächst und geht endlich darüber weg. Die Geschichte des Aetna liefert eine Menge solcher Thatsachen.

Die

Die löcherige Lave findet sich gewöhnlich an der Oberfläche der dichten Art, und eine ähnliche Erscheinung bemerkt man auch beym Schmelzen großer metallener Massen; die obersten Theile derselben sind mit Blasen angefüllt, welche durch das Entweichen der elastischen Flüssigkeiten hervorgebracht werden, welche sich in den metallischen Kalken entwickelten; die Theile hingegen, die sich in der Mitte der Masse befinden, sind dichter.

Im westlichen Deutschland, vornähmlich an den Ufern des Rheins, bey Andernas und Niedermennich findet man den so genannten **Mennicher Stein, Andernacher** oder **Cölnischer Tufstein, Lungenstein**, welcher dort sehr häufig gebrochen, und nach den Niederlanden verführt wird, wo man ihn zum Pflaster- und Baustein, auch gemahlen als Mörtel gebraucht. Dieser Stein hat sehr große Aehnlichkeit mit dem vulkanischen Traß, daher ihn auch **Hamilton, Collini** und **de Lüc** für einen solchen gehalten haben. Es finden sich zwar in diesen Gegenden Spuren ehemahliger Vulkane, dessen ungeachtet haben ihn doch einige Mineralogen α) lieber aus dem Verwittern eines so genannten Granitporphyrs herleiten wollen.

Von der Gegenwart der bisher angeführten vulkanischen Produkte läßt sich doch nicht allemahl auf das Daseyn wirklicher feuerspeyender Berge schließen. Denn es ist bekannt, daß ähnliche Substanzen durch Erdbrände oder Entzündungen von Kohlenflözen und Thonschiefern, die sich von selbst entzünden, oder durch Nachlässigkeit in Brand gerathen, entstehen, wie z. B. in dem brennenden Berge zu Dutweiler in Saarbrück β), in dem Schlatnitzer und Selnitzer Berge in Böhmen γ), wo der Thonschiefer an den Orten, welche hinläng-

α) S. Nose orographische Briefe über das Siebengebirge und die benachbarten zum Theil vulkanischen Gegenden an Ufern des Niederrheins Frankf. 1788. S. 110.

β) S. Habel Beytr. zur Naturgeschichte der nassauischen Länder. Dessau 1784. 8. S. 22.

γ) Abhandl. der böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften für 1788. S. 26, 180, 195 u f.

hinlänglichen Zug haben, bald einer schlackenartigen Lave, bald einem Bimsteine, ähnlich wird.

Außer diesen unstreitigen Produkten gibt es nach andere Steinarten, von welchen es noch ungewiß ist, ob sie wirklich Produkte des unterirdischen Feuers sind, oder nicht. Herr Dolomieu *) versichert, daß er in den Strömen von vulkanischen Materien Steine gefunden habe, welche schlechterdings keine Veränderung durch die Wirkung des Feuers erlitten hätten, und er folgert daraus, daß diese Fossilien nur etwas erweicht worden, oder gleichsam in einem mäßigen Flusse gewesen wären, ohne wirklich verglaset worden zu seyn. Diese Steinarten theilt er in vier Classen.

1) Dichte Laven, die Hornstein, Trapp oder Schörl in Masse zur Grundlage haben;

2) dichte Laven, welche Feldspat zur Basis haben,

3) dichte Laven, deren Grundmasse Feuerstein ist, und

4) dichte Laven, deren Hauptmasse aus Granat besteht; diese Produkte nennt er Granatlaven, und diejenigen, welche Feldspat zur Grundlage haben, hat er mit dem Nahmen Granitlaven belegt.

Alle diese Laven, sagt Dolomieu, haben das ursprüngliche Ansehen, welches die Steine, aus denen sie entstanden sind, besaßen, behalten, so daß, wenn man sie nicht in den Lavaströmen fände, man schlechterdings nicht auf den Gedanken kommen könnte, daß sie der Wirkung des Feuers ausgesetzt gewesen seyn möchten. Dagegen bemerkt aber de la Metherie, daß diese Arten von Laven nicht wirklich im Flusse gewesen, sondern nur erhitzt worden wären; denn wie könne man sich denken, daß die Granaten, der Feldspat, der Hornstein, und andere hornartige Steinarten, welche eben so, wie der Trapp, ziemlich leicht schmelzten, durch die Wirkung des Feuers in einen flüssigen Zustand hätten versetzt werden können, ohne daß ihre eigenthümliche Beschaffenheit eine Veränderung erlitten haben sollte? Eine teigartige oder ähnliche Erweichung, die durch die Hitze verursache

*) Journal de Physique. 1794.

ursacht worden wäre, hätte zur Absonderung eines Theils des Krystallisationswassers und folglich auch zur Veränderung der äußern Eigenschaften dieser Steine Gelegenheit geben müssen. Wenn diese Laven mit den übrigen Laven ein und dasselbe specifische Gewicht besäßen, so müßten sie nothwendig durch die Wirkung des Feuers verdichtet worden seyn; ihre Theilchen wären einander näher gebracht, und folglich ihr Gefüge verändert worden. Ueberdieß sey auch ihre Zerbrechlichkeit ein Merkmahl, daß sie wären verändert worden. Man werde daher jene Erscheinung nicht erklären können, wenn man nicht annehme, daß Stücken von diesen verschiedenen Substanzen in den Herd der Vulkane, oder in die fließende Lava gefallen seyn, daß aber die Hitze nicht groß genug gewesen sey, um sie in Fluß zu bringen, und daß sie daher nur von der glühenden Materie eingehüllt seyn. Sie würden daher wohl einige Veränderung erlitten, aber nicht auf eine merkliche Art umgeschaffen worden seyn, daß sie ihre ursprünglichen Eigenschaften abgelegt hätten, und unkenntlich geworden wären.

Man müsse also annehmen, daß die meisten dichten Laven mit der blasigen Lave, die gewöhnlicher Weise auf jener aufliege, von der nähmlichen Beschaffenheit wären; diese löcherige Lava sey aber gewiß eine Schlacke der in Fluß gebrachten eisenhaltigen Schiefer, und die dichte Lave könne also nicht anders, als ein ähnliches Produkt seyn, aus dem sich die elastischen Flüssigkeiten entbunden hätten, und das aus dieser Ursache zu einem dichtern Körper geworden sey. Die löcherige Lave habe eben so wenig, wie die dichte, ein glasiges Ansehen und Alles, was von der einen Art gelte, die Blasen ausgenommen, gelte auch von der andern.

Vorzüglich aber gehört unter die zweifelhaften vulkanischen Materien der Basalt, Säulenstein oder Pfeilerstein, welcher von dem Basaltes, oder lapis aethiopicus der Alten, aus dem so viele altegyptische Kunstwerke verfertigt

fertigt sind, wohl zu unterscheiden ist, und erst zu Agricola's Zeiten den Nahmen Basalt erhalten hat. Dieser Stein hat eine sehr große Aehnlichkeit mit den dichten Laven, er besitzt eine dunkelschwarzgraue Farbe, hat innerlich keinen Glanz, einen dichten Bruch, und zerbricht in eckige Stücken von unbestimmter Gestalt; auch findet man in ihm alle diejenigen fremden Steinarten, wie in den Laven, eingemengt; er verwittert leicht in der Luft, schmilzt im Feuer zu einer Schlacke, hat einen starken Eisengehalt, und daher ein großes specifisches Gewicht. Sonst ist dem Basalt dieß ganz eigen, daß man ihn in seinen eigentlichen Lagerstätten in eine Menge gegliederter Säulen zertheilt findet, welche meistentheils aufrecht stehen, zuweilen schräg liegen, an einigen Orten auch eine gebogene Gestalt haben. Von dieser Art sind die Steine, welche den berühmten Riesenweg in der Grafschaft Antrim in Irland ausmachen, welchen außer mehreren Beobachtern auch Prook [α]) und Hamilton [β]) beschrieben haben. Mehr als 30000 Basaltsäulen von 20 Zoll Durchmesser und 15 Fuß Höhe stehen dicht an einander, und bilden oben eine gangbare Ebene. Sie sind meistens 5 bis 6seitige Prismen, und aus Gliedern von 8 bis 12 Zoll Höhe zusammengesetzt, deren jedes auf einer Seite convex, auf der andern concav, und an den Ecken fast wie eine Krone zugespitzt ist. Einer der berühmtesten Riesenwege, den man kennt, ist der der Höhle Fingal auf der Insel Staffa. Faujas de la Fond führt an, daß es unter diesen Steinen Prismen gibt, die $4\frac{1}{2}$ Fuß im Durchmesser besitzen und 66 Fuß hoch sind. An den meisten Orten, wo erloschene Vulkane sind, z. B. zu Bonn, zu Andernach, zu Mont d'or, in den Sevennen u. s. w. sieht man Gruppen, die aus vielen prismatischen Säulen dieser Art zusammengesetzt sind.

Die

α) Philos. Trans. Vol. XLV. n. 485. p. 124.

β) Briefe über die nördliche Küste der Grafschaft Antrim, die natürliche Geschichte ihrer Basalte u. s. w. Aus dem Engl., mit einer Abhandl. über die Bildung des Basalts von Veltheim. Leipzig, 1787. 8. S. 68. f.

Die Chemiker, Mineralogen und Physiker sind über den Ursprung und die Natur des Basalts bis jetzt noch nicht einig. Sie haben sich in drey Parteyen getheilt. Die erstern halten diesen Stein für ein wirkliches vulkanisches Produkt, und behaupten, daß die Gestalt desselben einer durch Erkältung der glühenden Materie bewirkten Zusammenziehung zuzuschreiben sey. Zu diesen gehören vorzüglich Desmarest α), Ferber, Raspe β), Faujas de la Fond, de Lüc, Leske γ), Voigt δ) und de la Metherie. Sie haben daher den Nahmen Vulkanisten erhalten. Die andern glauben, daß der Basalt seinen Ursprung durch Absetzung des Wassers erhalten habe. Vorzüglich sind dahin zu rechnen Bergman ε), Werner ζ), Karsten η), Lehmann ϑ) und Widenmann ι). Diesen gab man den Nahmen Neptunisten. Endlich gibt es noch einige, welche manches als vulkanischen, manches aber als neptunischen Ursprungs halten. Zu dieser Meinung scheint Dolomieu κ) geneigt zu seyn, so wie von Beroldingen λ) ebenfalls Vereinigungsvorschläge zwischen den Neptunisten und Vulkanisten gethan hat.

Eine Uebersicht der verschiedenen Meinungen über den Basalt gibt Nose μ), von dem die Anhänger dieser Meinungen in sieben Cohorten getheilt, und die Gründe einer jeden geprüft werden. Auch hat von Humboldt

α) Mémoir. de Paris. 1771.
β) Beytrag zur natürl. Gesch. von Hessen-Cassel. 1774.
γ) Reise durch Sachsen. Leipz. 1785. 4. S. 326. f.
δ) S. Höpfners Magazin für die Naturk. Helvet. B. IV. S. 214.
ε) De productis vulcaniis in s. opusc. phys. chemic. Vol. III. p. 200.
ζ) Kurze Classification und Beschreibung der versch. Gebirgsarten. Dresd. 1787. 4.
η) Bergmännisches Journal. 1788. S. 345.
ϑ) Der Basalt, chemisch und physisch beurtheilt. Frankf. 1789. 8.
ι) Höpfners Magazin. B. IV. S. 137.
κ) Journal de Physique. 1790.
λ) Die Vulkane älterer und neuerer Zeit, physisch und mineralogisch betrachtet. 2 Theile. Mannheim 1791. 8. und in Crells Beytr. zu den chem. Annal. B. IV. S. 2. S. 121. u. w.
μ) Beyträge zu den Vorstellungen über vulkanische Gegenstände. Frankf. 1792. 8. Fortsetzung der Beytr. rc. Frankf. 1793.

boldt α) Alles, was ältere und neuere Schriftsteller Basalt nennen, und davon behaupten, scharfsinnig geprüft. Sonst sind auch noch über diesen Gegenstand die Schriften von D. Reuß β) und Freyherrn von Racknitz γ) lesenswürdig.

Die vorzüglichsten Gründe der Neptunisten und Vulkanisten sind folgende. Bergman führte für seine Meinung unter andern vorzüglich die sehr große Aehnlichkeit und fast vollkommene Gleichartigkeit des Basalts mit dem Trapp an, und da man, setzt er hinzu, nicht zweifeln kann, daß das zuletzt genannte Fossil aus einer wässerigen Auflösung angeschossen ist, so muß man folgern, daß sich der Basalt vermittelst des Wassers krystallisirt habe. Uebrigens sieht er es als möglich an, daß das unterirdische Feuer hin und wieder die Austrocknung könne beschleunigt, und die Spaltung befördert haben. Ueberdieß machte Werner in Freyberg im Jahr 1788. in dem Scheibenberger Hügel, einem bekannten Basaltberge, die Beobachtung, daß daselbst unten eine beträchtliche dicke Sandschicht, darüber einige Thonschichten, alsdann eine Wackenschicht, und über derselben der Basalt auflag, wobey sich der Sand unmerklich in Thon, der Thon in Wacke, und die Wacke in Basalt verlief. Hieraus glaubte er mit gutem Grunde die Folge zu ziehen, daß alle diese Materien von einer Formation und durch einen nassen Niederschlag entstanden seyn müßten, indem das Wasser zuerst Sand, alsdann Thon, hierauf Wacke, und zuletzt den Basalt abgesetzt habe. Er ist der Meinung, aller Basalt habe ehedem ein einziges, weit über viele uranfängliche und Flözgebirge verbreitetes Lager ausgemacht, welches die Zeit größtentheils zerstört, und nur die Basaltkuppen als Ueberbleibsel zurückgelassen habe δ). Als einen andern Beweis für ihre

 Mei-

α) Mineralog. Beobacht. über einige Basalte am Rhein, mit vorausgeschickten zerstreuten Bemerkungen älterer und neuerer Schriftsteller. Braunschw. 1790. 8.

β) Geographie des nordwestlichen Mittelgebirges in Böhmen. Ein Beytrag zur Beantwortung der Frage: ist der Basalt vulkanisch oder nicht? Dresd. 1790. 8.

γ) Schreiben über den Basalt. Dresd. 1790. 8.

δ) Gothaisches Magazin für das Neuest. aus der Physik und Naturgesch. B. VI. St. 1. S. 75.

Meinung führen die Neptunisten folgende Thatsache an, daß es Basaltprismen gebe, die unmittelbar auf Kohlen und andern verbrennlichen Materien aufsitzen; wenn, sagen sie, dieser Basalt aus glühender Lave entstanden wäre, so würden die verbrennlichen Materien, dem Grade der Wärme gemäß, entzündet und durchaus zerstört seyn, oder doch eine bedeutende Veränderung erlitten haben.

Dagegen suchen aber die Vulkanisten diese angeführten Beweise auf folgende Art zu widerlegen. Sie erkennen zwar alle die große Aehnlichkeit des Basalts mit dem Trapp; allein dabey bemerken sie, daß gewisse Laven, die nie im Wasser gewesen seyn, dem Trapp, dem Feuerstein, und den hornartigen Steinen eben so sehr gleichen, als der Basalt, und man könne also aus dieser Aehnlichkeit keinen Beweis für diese Meinung, die die Neptunisten vertheidigten, hernehmen. Ueberdieß sey es schwer zu begreifen, wie das Meerwasser den Basalt habe auflösen können, und welche Hülfsmittel zur Erreichung dieses Zwecks benutzt worden seyn? Ferner, wie das Wasser eines sich immer bewegenden Meeres unter diesen Umständen habe Krystallen absetzen können, die 30 bis 40 Ellen lang wären? Ferner führen sie an, daß die meisten prismatischen Basalte der bekannten Vulkane gleichartig wären, und unter einander übereinkämen; man habe z. B. Produkte dieser Art die vom Aetna herstammten, mit denen, die man in Frankreich finde, und diese wieder mit denen, die in Irland, Schottland, auf den hebridischen Inseln, in Island, in Asien, in Amerika u. s. w. vorkommen, verglichen, und man habe unter ihnen die größte Aehnlichkeit beobachtet. Alle diese Massen von Basalt fänden sich aber an vielen Orten in außerordentlicher Menge, und es folge also hieraus, daß auch die Substanzen, welche den Stoff zur Bildung dieser Produkte dargereicht hätten, sehr häufig im Mineralreiche vorkommen müßten; diese Thatsachen, die man nie aus den Augen verlieren müsse, wenn man ein bestimmtes Urtheil über den Ursprung solcher Produkte fällen wolle, schienen zu beweisen, daß weder die Trapparten

arten noch die hornartigen Steine die Materialien zur Erzeugung dieser Produkte hergegeben haben könnten; denn:

1) Fänden sich die so eben genannten Fossilien fast nie in großen Massen, und sie hätten also auch nicht zur Bildung jener ansehnlichen Basaltgruppen, die man in mehreren Ländern antreffe, Gelegenheit geben können.

2) Wären die erwähnten Fossilien nie rein, sondern immer mit andern Substanzen vermengt, sie könnten also nicht gleichartige Basalte gegeben haben; vielleicht werde man aber einwenden, daß sich die Herde der Vulkane in einer ansehnlichen Tiefe befunden hätten, und daß in dieser Tiefe große Mengen reinen Trapps zugegen gewesen seyn könnten; allein auf einen vielleicht möglichen Grund könne man kein System bauen. Ueberdieß habe man bisher in den größten Tiefen, in welchen man nur gelangen können, bloß Granit und Porphyr angetroffen, und dann mangele es auch an Beweisen für die Meinung, daß unterirdische Feuerherde sich in einer außerordentlichen Tiefe befänden.

3) Komme nie in Gebirgen von zweyter Entstehung Trapp vor, und doch wären, wie man wisse, mehrere Vulkane in solchen Gebirgen.

4) Die hornartigen Steine wirkten nur sehr selten auf die Magnetnadel, alle Basalte hingegen äußerten auf diese Nadel eine sehr starke Kraft.

5) Könnten die unterirdischen Feuer nur durch Massen von Kies oder durch erdharzige Substanzen unterhalten werden; die letztern kämen aber bloß in Gebirgen von zweyter Entstehung vor, und die Kiese fänden sich nur, zumahl in ursprünglichen Gebirgen, in ziemlich kleiner Anzahl, so daß sie schlechterdings nicht hinreichen würden, solche große, und eine lange Zeit, selbst Jahrhunderte hindurch, brennende Feuer zu unterhalten.

Was aber die Thatsache der Neptunisten betreffe, daß nähmlich Basaltprismen auf Kohlen und andern verbrennlichen Materialien aufsitzen, welche durch die fließende Lave zerstört seyn würden, wenn wirklich der Basalt ein vulkanisches

sches Produkt wäre, so antworten hierauf die Vulkanisten: 1) die Lave habe, indem sie sich ins Wasser gestürzt, eine ziemlich schnelle Erkältung, vorzüglich an ihren äußern Theilen erlitten, und 2) habe sie hier mit der atmosphärischen Luft in keiner Gemeinschaft gestanden, und es habe daher nicht leicht eine Entzündung und Verbrennung erfolgen können.

Nach der Vorstellung des Herrn de la Metherie sind die Basaltprismen durch eine wahre Krystallisation der glühenden Lava auf diese Art entstanden. Wenn diese Lava allmählich erkalte, so nehme sie keine regelmäßige Gestalt an, so wie auch eine große Masse geschmolzenen Metalls keine regelmäßige Gestalt annehme, wenn es nach und nach kalt werde; denn in diesem Falle näherten sich die Theilchen der Masse einander auf eine unmerkliche Art, und ließen keine Leere zwischen sich, in welcher eine Krystallisation erfolgen könne. Allein, wenn die Masse durch eine plötzliche Erkältung überrascht werde, so verdichte sich ein Theil derselben sogleich, es entständen also leere Räume, und die Krystallisation könne vor sich gehen. Auf diese Weise bildeten sich in allen Blasen großer Massen geschmolzenen Metalls Krystallen, und man pflege auf eine ähnliche Art zu verfahren, wenn man Metalle anschießen lassen wolle. Wenn man z. B. die Absicht habe, Wißmuthkrystallen darzustellen, so schmelze man eine gewisse Menge dieses Metalls in einem Tiegel, und wenn es im vollen Flusse sey, nehme man den Tiegel aus dem Feuer, und gebe nun Acht, um den Augenblick zu entdecken, da das Metall auf der Oberfläche fest zu werden anfange; so bald man diese Erscheinung beobachte, mache man eine Oeffnung in den Boden des Tiegels, und lasse das Metall allmählich herauslaufen; wenn nichts mehr ausfließen wolle, so finde man die innern Wände des Tiegels, und die unterste Seite der Oberfläche des Metalls mit schönen metallischen Krystallen überzogen. Auf eben diese Art müsse man auch verfahren, wenn man andere Metalle in regelmäßige Krystalle verwandeln wolle. Die nähmliche Erscheinung nehme man auch bey den Schlacken des Glases, und der Eisenerze

senerze, welche anschießen, gewahr. Er glaube daher, daß das Wasser dieselbe Wirkung auf die glühende Lava hervorbringe; der äußere Theil derselben, welcher das Wasser berühre, werde fest, indeß der ganze innere Theil der Masse noch glühend heiß, und also auch mehr oder weniger ausgedehnt sey; allein er erkalte bald, und ziehe sich daher zusammen, es entstehe eine Leere, und die Krystallisation erfolge eben so, wie in den metallischen Substanzen. De la Metherie betrachtet nähmlich die Basaltprismen als wahre Krystallen, weil sie so regelmäßig sind, und so glatte Flächen haben, wie andere Krystallen. Einfache mechanische Zusammenziehungen zeigten uns nie eine solche Regelmäßigkeit; der getrocknete Thon z. B. ziehe sich zusammen, aber er stelle keinen regelmäßig gestalteten Körper dar. Uebrigens dürften uns die sehr großen Krystallen, welche mehrere Füße im Durchmesser hätten, und 60 bis 80 Fuß lang wären, eben so wenig wundern, als diejenigen Krystallen, deren Durchmesser nur eine Linie ausmache; denn es gebe auch unter den regelmäßig gestalteten Produkten des Mineralreichs, welche mittelst des Wassers angeschossen wären, Krystallen, z. B. Quarze, Kalkspate, Flußspate u. dergl. die eine beträchtliche Größe hätten.

Es scheint also bis jetzt noch nicht völlig entschieden zu seyn, ob der Basalt wirklich vulkanischen oder neptunischen Ursprungs sey.

Eben so zweifelhaft ist man über den Ursprung des rheinländischen Mühlsteines, welcher bey Niedermennich 24 Klaftern tief unter Steinlagern bricht, die voll von Bimsteinbrocken sind; auch am Hekla, in Böhmen und Oesterreich gefunden wird; des Backofensteines (pierre à four) bey Bell im Erzstifte Trier; und der Basaltblende, welche sich nur in Basalt, Bimstein, Traß und Lava eingewachsen findet. Der Mühlen- und Backofenstein sind in vielen Stücken den Laven sehr ähnlich, und werden daher von vielen Naturforschern als wirklich vulkanische Produkte gehalten.

Sonst gibt es aber verschiedene bekannte fremde Substanzen, welche in den Laven vorkommen, oder gleichsam darin eingehüllt sind. Diese lassen sich unter zwey Hauptclassen bringen; die erstere derselben begreift diejenigen Substanzen in sich, die den Vulkanen keinesweges allein eigen sind; zur zweyten aber gehören diejenigen Fossilien, die man bisher bloß in vulkanischen Materien getroffen hat. Von den erstern kennt man sechs, nähmlich, Feldspat, Glimmer, rother Granat, gemeiner Hyacinth, gemeiner Zeolith und Kalkspat; die Anzahl der andern aber ist weit beträchtlicher. Es gehört dahin 1) der Olivin oder vulkanische Chrysolith, 2) der Sommit, 3) der weiße Hyacinth vom Berge Somma, 4) der Leucit oder weiße Granat, 5) der harte Zeolith des Herrn Dolomieu, den dieser auf dem Aetna gefunden hat, 6) der granatartige Zeolith, 7) der Hyacinthin, 8) der grüne Schörl der Vulkane, 9) die Hornblende oder der schwarze vulkanische Schörl, 10) der Vulkanit. Herr Saussüre *) führt außerdem noch drey Mineralien an, welche er ganz ausschließend in den vulkanischen Bergen im Breisgau gefunden hat, und welchen er folgende Nahmen gegeben, 1) der Chusit; dieß Fossil hat eine wachsgelbe, bleiche oder grünliche Farbe, ist durchscheinend, hat einen gleichartigen und glänzenden Bruch, und sieht gleichsam fettig aus, 2) der Limbit; dieser hat eine braungelbe, mehr oder weniger dunkle Farbe, ist an den Kanten durchscheinend, und wallt beym Schmelzen auf, 3) der Siderocleptt, hat eine gelblich grüne Farbe und ist durchscheinend; vor dem Löthrohre kommt er, wenn lange genug geblasen wird, in Fluß, und gibt ein durchsichtiges Glas.

Eine merkwürdige Beobachtung bey Ergießung der Laven ist diese, daß sie zuweilen mehrere Jahre im Flusse sind, ohne daß sie fest werden. Die Lave z. B. welche der Aetna im Jahre 1614. auswarf, floß 10 Jahre lang, und breitete sich zwey italienische Meilen aus. Die Ursache dieser Erscheinung scheint in der That so leicht nicht zu seyn; denn

*) Journal de Physique 1794. Cahier 5.

denn es ist bekannt, daß alle diejenige Materie, die wir vermittelst des Feuers in Fluß bringen, sich auf eine ganz andere Art verhalte; die Metalle z. B., die eine weit größere Dichtigkeit, als die Laven, besitzen, behalten ihre Wärme bey weiten nicht so lange bey sich; gewöhnlicher Weise nehmen aber auch die Laven bald, nachdem sie aus den Vulkanen abgeflossen sind, eine feste Consistenz an. Herr **Dolomieu** hat aus jener Beobachtung gefolgert, daß das unterirdische Feuer ganz anders wirke, als unser künstliches Feuer; denn wenn man eine Masse von Lava in einem Ofen in Fluß gebracht hat, so erkaltet sie nach Nachlassung des Feuers sehr bald wieder. Er glaubt daher, daß die Laven eine verbrennliche Materie in sich enthalten, welche die ganze Zeit über sehr schwach brenne, und so die Lava in einem flüssigen Zustande erhalte, ohne daß sie ihr einen sehr ansehnlichen Wärmegrad mittheile. Um diese seine Meinung zu unterstützen, führt er Beyspiele von Laven an, welche, nachdem sie aus den Vulkanen herausgeflossen waren, weiße Dämpfe von sich gaben, die sich zuweilen entzündeten; so gab z. B. die Lava, welche der Aetna in den Jahren 1761. und 1762. ausgeworfen hatte, 24 Jahre lang nach ihrem Abflusse, einen solchen weißen Rauch von sich, der oft in Flamme ausbrach. Zu dieser Erklärung **Dolomieu's** führt **de la Metherie** noch folgende Bemerkungen an:

1) Der angeführte Fall trete selten ein; denn die gewöhnlichen Laven würden bald fest; daher müßten hier besondere zufällige Ursachen Statt finden.

2) Sey es nicht zweifelhaft, daß das unterirdische Feuer unter vielen Umständen eine große Wirksamkeit besitze, und mehrere Materien wirklich verglase. Ja, selbst die dichte Lave besitze einen großen Grad von Wärme; sie wären sämmtlich roth und glühend, und zündeten selbst noch einige Monathe nach ihrem Abflusse aus dem Vulkane alle verbrennliche Materien, die sie auf dem Wege anträfen. Indessen habe diese Lave zuweilen einige Portionen verbrennlicher Materien, wodurch sie in Fluß gebracht, in sich, und diese brenne zuweilen meh-

rere Jahre; diese verbrennliche Materie werde entweder Schwefel, oder Steinkohlen, oder ein Metall, z. B. Zink, Arsenik oder Eisen seyn. Uebrigens müsse man aber nicht vergessen, daß diese Erscheinung nur selten beobachtet werde, vielmehr verhärteten gewöhnlich die meisten Laven bald, und diejenigen, welche sich auf die entgegengesetzte Art verhielten, machten nur eine Ausnahme von der Regel. Vielleicht könnten aber auch an dieser Erscheinung örtliche Umstände, mit welchen wir noch nicht hinlänglich bekannt wären, Schuld seyn; vielleicht wäre der Boden, auf welchem die Lave hingeflossen, heiß gewesen, weil sich unter ihm eine vulkanische Höhle befunden.

Außer den vulkanischen Steinen, welche als wirkliche Produkte der Vulkane betrachtet werden können, gibt es noch eine Menge anderer vulkanischen Materien, welche durch Einwirkung des unterirdischen Feuers erzeugt werden. Zu den salzartigen vulkanischen Substanzen gehören flüchtige Schwefelsäure, wie z. B. auf der Solfatara und bey Viterbo, wo eine dünne Schwefelsäure aus Ritzen läuft; Luftsäure, Kochsalz, Salmiak; zu den brennbaren Bergöhl, Schwefel, brennbare Luft. Auf dem nassen Wege erzeugen sich vorzüglich in den Vulkanen Luftsäure, Alaun, Eisenvitriol, auch wohl mehrere Mittelsalze, die sich in Wasser auflösen, und zur Entstehung warmer Quellen und anderer mineralischer Wässer Veranlassung geben, die sich in der Nachbarschaft der Vulkane so häufig finden.

M. s. Bergman physikalische Beschreibung der Erdkugel. Aus dem Schwed. durch Röhl. B. II. §. 150. De la Metherie Theorie der Erde. Aus dem Franz. durch Eschenbach. Leipz. 1797. 8. Th. II. §. 165. f. §. 289. f.

W.

Wärme, Wärmestoff, Wärmematerie (calor, caloricum, chaleur, calorique). Der Ausdruck **Wärme** überhaupt wird vornähmlich in einer dreyfachen Bedeutung gebraucht. Zuerst versteht man darunter die allgemein bekannte

kannte Empfindung, die wir durchs Gefühl wahrnehmen, und welche sich mit Worten gar nicht beschreiben läßt. In dieser Bedeutung kann die Wärme so groß werden, daß sie uns beschwerlich, ja unerträglich wird, und dann gibt man ihr den Nahmen **Hitze**. Diese Empfindung erhalten wir besonders bey sehr heißen Sommertagen und bey der Annäherung und Berührung des Küchenfeuers, oder solcher Körper, welche der Wirkung des letztern eine Zeit lang ausgesetzt gewesen sind. Daher betrachten wir sie auch als eine Wirkung des so genannten Sonnenfeuers oder des Küchenfeuers. Die entgegengesetzte Empfindung des Mangels der Wärme nennen wir **Kälte**. M. s. **Kälte**.

Zweytens versteht man unter dem Worte **Wärme** den Zustand der Körper, in welchem sie die angeführte Empfindung bey der Berührung oder Annäherung in uns verursachen. In dem lebenden thierischen Körper entwickelt sich in ihm eine eigene Wärme, welche er selbst empfindet. In dieser Bedeutung ist der Begriff von Wärme bloß relativ; denn es kann Menschen geben, welche Wärme empfinden, da andere oft Kälte empfinden. Es kommt hier bloß darauf an, in welchem Körper die Ursache dieser Empfindung wirksamer ist. Findet dieß in demjenigen Körper Statt, der den andern berührt, so fühlt er Kälte, im Gegentheil aber Wärme. Hiernach wäre also Wärme bloß derjenige Zustand des Körpers, in welchem die Ursache derselben stärker wirkt, als in dem ihn berührenden Körper. Da wir aber in Ansehung dieser Empfindung zu vielen Täuschungen unterworfen sind, und wir überdieß keinesweges annehmen können, daß es einen Körper gebe, der absolut kalt wäre, so nimmt man überhaupt den Ausdruck **Wärme** für denjenigen Zustand des Körpers an, in welchem die Ursache derselben stärker wirkt, als in einem andern Körper, ohne darauf Rücksicht zu nehmen, ob er bey der Berührung in uns eine Empfindung der Wärme oder der Kälte erregt. In dieser Bedeutung ist selbst in gefrorenen flüssigen Materien noch Wärme, d. h. sie sind noch in einem Zustande, der noch auf andere Materien wirkt,

indem

indem er sich denselben mitzutheilen, und bis zu einem gewissen Gewichte zu verbreiten strebt.

Endlich drittens versteht man noch unter dem Ausdrucke **Wärme** die objektive Ursache selbst, durch welche jene Empfindung und jener Zustand der Körper hervorgebracht wird. Da wir nun bey dem gewöhnlichen Feuer jene Empfindung vorzüglich in einem hohen Grade wahrnehmen, so ist es lange Zeit gewöhnlich gewesen, diese Ursache derselben unter dem Nahmen **Feuermaterie**, **Feuer**, **Elementarfeuer** zu begreifen. Jetzt gebraucht man lieber den Ausdruck **Wärmestoff**, **Wärmematerie**, und versteht unter dem Worte **Feuer** die Verbindung von Licht und Wärme. Es ist auch schicklicher, und dem richtigen Sprachgebrauche gemäßer, das Feuer in der eben angeführten Bedeutung vom Wärmestoffe zu unterscheiden. Ich werde daher zuerst das nöthigste vom Wärmestoffe und alsdann das vom Feuer anführen.

Ungeachtet es bis jetzt noch nicht ausgemacht zu seyn scheint, ob es wirklich einen Wärmestoff gebe, so kann man doch bis auf weitere Untersuchungen anfänglich einen solchen annehmen, um besonders erst auf Erscheinungen aufmerksamer zu werden, bey welchen Wärme erzeugt wird. Es gibt verschiedene Mittel, wodurch die Körper in einen solchen Zustand versetzt werden können, daß sie in uns die Empfindung der Wärme hervorbringen, oder auch andere Körper in ihrer so genannten Temperatur erhöhen. Auf eine unmittelbare Art wird Wärme hervorgebracht:

1) Durch Reiben der Körper an einander. Dieses Mittel, durch welches Körper endlich in einen solchen Zustand versetzt werden können, daß sie glühend werden und in Flamme ausbrechen, ist schon von uralten Zeiten her bekannt gewesen. Auf diese Art zündeten die Alten ihr Feuer an [α]), und die Araber gebrauchten hierzu zwey Hölzer, welche sie **March** und **Aphar**, auch beyde **Zabdan** (die zwey Reiber) nannten [β]). Sonst gibt es unzählbare Beyspiele, bey

α) S. *Plini.* hist. nat. Lib. XVI. cap. 40.

β) S. Michaelis von alten Mitteln, Feuer anzuzünden in seinen vermischten Schriften. S. 97. f.

bey welchen durchs Reiben der Körper an einander Wärme hervorgebracht wird. Der Grad derselben wird um desto größer, je stärker sie an einander gedruckt, und je schneller sie an einander bewegt werden, wie z. B. beym Schleifen, Drechseln, Bohren, Sägen, Hämmern der Metalle u. dergl. So verbrennt sich ein Mensch die Hände, wenn er sich von einer Höhe an einem Seile schnell herabläßt; auch können sich die Axen an den Wagenrädern, und die Zapfenlager der Mühlwellen entzünden, wenn sie nicht gehörig eingeschmiert sind. Daß im luftleeren Raume eben so gut, wie im luftvollen, durch Reibung Wärme entsteht, hat schon Boyle versucht, und Hawksbee und s'Gravesande haben durch eigene Vorrichtungen wahrgenommen, daß sich die durch Reiben erregte Wärme im leeren Raume stärker und schneller, als in der Luft zeigte. Diese Erfahrungen sind nach der Zeit durchgängig bestätigt worden. Beddoes [α]) ließ ein Flintenschloß im luftleeren Raume und im kohlensauren Gas abschnappen, und fand mittelst eines Vergrößerungsglases offenbar geschmolzene Stahlkügelchen, obgleich kein Licht hervorgebracht werden konnte. Andere Physiker wollten aber im luftleeren Raume auf diese Art keine Stahlkügelchen wahrgenommen haben, sondern bloß irreguläre abgeschlagene Stahlstückchen. Vorzüglich merkwürdig sind einige Versuche, welche Pictet [β]) über das Reiben der Körper angestellt hat. Er wurde dadurch überzeugt, daß durch gleiches Reiben eine stärkere Wärme im luftleeren Raume, als in der freyen Luft, erregt wird. Dieß fand er besonders merklich, wenn Körper von ungleicher Härte, oder überhaupt weiche Körper gerieben wurden, wodurch das Thermometer allemahl höher stieg, als durch Reibung starker Substanzen. Wenn sich eine messingene Schale an einem Stücke weichen Holzes rieb, so stieg das Thermometer um $\frac{7}{10}$ Grad; dagegen brachte eine hölzerne

α) Contributions to physical and medical Knowledge, principally from the West of England, collected by *Thomas Beddoes*. Lond. 1799. 8.

β) Versuche über das Feuer. Aus dem Franz. Tübing. 1790. 8. Cap. 9.

hölzerne Schale statt einer messingenen in der Luft auf 2,1 und im leeren Raume auf 2,4 Grade höher. In comprimirter Luft, in welcher die Barometerprobe 48 Zoll zeigte, stieg die Wärme nur um 0,5 Grade. Fütterte er die Höhlung der Schale mit etwas Baumwolle aus, welche nur an wenig Punkten den untern Theil der Kugel am Thermometer berührte, so stieg das Thermometer während des Umlaufs um 5 bis 6 Grade, ohne daß am äußern Rande der Schale ein Reiben vorging. Es waren also die feinen Fasern der Baumwolle unter allen das wirksamste Mittel, durch Reiben Wärme hervorzubringen. Herr Pictet war anfänglich der Meinung, daß die Wärme, welche durchs Reiben der Körper an einander entsteht, aus einer mechanischen Zersetzung der Luft zwischen den beyden reibenden Flächen herrühren könne; allein diese Versuche überzeugten ihn, daß weder die Luft, noch die Härte der reibenden Substanzen, die unmittelbare Ursache der Wärme seyn könne. Er vermuthet daher, diese Ursache liege vielleicht in der durchs Reiben erregten Elektricität, oder in einer schwingenden Bewegung, in welche der Wärmestoff zwischen den reibenden Flächen versetzt werde. So behaupte auch Thompson *a*), daß die Explosion des Pulvers den Wärmestoff in eine schwingende Bewegung versetze, und erkläre daraus, warum der Lauf eines Geschützes weit stärker erhitzt werde, wenn es bloß mit Pulver, als wenn es zugleich mit einer Kugel geladen sey, weil nähmlich die Explosion des Pulvers ohne Kugel den Wärmestoff in weit stärkere Schwingungen versetze, die Kugel aber diese hindere. Ueberhaupt habe Thompson überzeugend bewiesen, daß das entzündete Pulver nur einen sehr geringen Theil von der Wärme hergeben könne, welche nach dem Schusse an dem Laufe gefühlt werde. Es frage sich nun aber weiter, welche Eigenschaft der Körper es sey, welche diese Schwingungen des Wärmestoffs erzeuge? Die Elasticität scheine es, obigen Versuchen nach, nicht zu seyn. Vielleicht wirke die specifische Wärme der Substanzen und ihr Leitungsvermögen

a) Philos. Transact. Vol. LXXI. P. II.

mögen für die Wärmematerie mit bey den Erscheinungen des Reibens, welches die Experimentaluntersuchung sehr verwickelt und schwer machen würde. Herr Beddoes suchte aus dem kurz vorhin erwähnten Versuche die Meinung derjenigen zu widerlegen, welche glauben, daß das Licht eine bloße Modification oder Wirkung der Wärme sey. Er behauptet vielmehr, Licht sey eine Materie eigenthümlicher Art; Wärme aber, oder die Kraft der Repulsion, sey keine Materie. Die Phänomene der Repulsion entstehen von keiner eigentlichen elastischen Flüssigkeit, oder, Wärmestoff ist gar nicht vorhanden. Das von zwey mit Draht an zwey eiserne Stangen befestigten, und an einander geriebenen, Stücken Eis von 29° Temperatur entstandene Wasser hatte eine Temperatur von 35°. Eis hat aber keine Anziehung für Sauerstoff. Wärme könne also durch eine eigenthümliche Bewegung, wahrscheinlich eine Vibration der kleinsten Bestandtheile der Körper, um sie von einander zu trennen, definirt, und repulsive Bewegung genannt werden. Sie könne durch Reibung oder Stoß erzeugt oder vielmehr erhöhet werden. Diese Meinung, daß die Wärme in einer Schwingung der kleinsten Bestandtheile der Körper bestehe, ist nicht neu; schon Baco von Verulam hat sie angenommen; in den neuesten Zeiten hat man sie nur mehr mit dem dynamischen System zu vereinigen gesucht, wovon man mehr in der Schrift des Herrn D. Wagner [α]) nachlesen kann. Dagegen haben aber auch schon längst andere, und vielleicht mit noch größerm Rechte, wie z. B. der Herr von Wolf, eine eigene Wärmematerie behauptet, welche durchs Reiben der Körper in eine schnellere Bewegung versetzt werde, und daher stärker wirke.

Ueberhaupt aber ist die Entstehung der Wärme durchs Reiben zweyer Körper an einander, so gemein diese Erscheinung ist, so leicht nicht zu erklären. Nach Herrn Gren [β]) scheint hierbey so viel ausgemacht zu seyn, daß eine plötzliche und

α) Theorie der Wärme und des Lichts Leipz. 1802. 8.
β) Grundriß der Naturlehre. Halle 1797. 8. §. 637.

und starke Zusammendrückung der sich reibenden Körper Statt finden müsse, wenn dadurch Hitze erregt werden soll, wie auch das Geräusch, das beym Reiben immer zugegen sey, bestätige. Vielleicht werde nun durch diese plötzliche Zunahme der Dichtigkeit der Theile ihre Capacität oder ihre specifische Wärme vermindert, und so Anhäufung von freyem Wärmestoffe, oder Temperaturerhöhung zuwege gebracht. Hieraus ließe sich erklären, wie bey übrigens gleichen Umständen und gleichen Körpern die Entstehung der Wärme um desto größer sey, je heftiger das Reiben geschieht, oder je schneller und stärker die successiven Zusammendrückungen und Schwingungen der Theile erfolgen. Ferner lehrten die Erfahrungen, daß die Leitungskraft der Körper für die Wärme auf die Erregung der Hitze vielen Einfluß habe, und daß diese bey gleicher Stärke der Reibung um desto größer sey, je schlechtere Leiter für die Wärme die reibenden Substanzen wären. Die Luft, welche die reibenden Substanzen berühre, könne daher auch Wärmetheilchen schnell genug ableiten, daß ihre Wirkung nicht bemerkbar werde, wenn die Wirkung des Reibens nur schwach sey; und wirklich habe Pictet auch im luftleeren Raume die Wirkung des Reibens größer, als im luftvollen gefunden, was zu gleicher Zeit beweise, daß die Luft selbst die beym Reiben fester Körper erregte Wärme nicht hergebe. Freylich könne aber beym Reiben entzündlicher Substanzen die Temperatur derselben bis zu ihrer Entzündungshitze erregt und dadurch Verbrennen hervorgebracht werden, wobey dann die Luft allerdings zur Erzeugung der Hitze wirksam sey. Flüssige Körper könnten sich wegen der Verschiebbarkeit ihrer Theile nicht unter einander reiben, wie man sonst angenommen. In ihnen selbst sey daher diese Art der Erregung der Wärme nicht möglich. Bey elastischen Flüssigkeiten könne jedoch durch plötzliche Zusammendrückung derselben auf eine ähnliche Art, wie beym Reiben, Wärmestoff angehäuft werden, wie die Temperaturerhöhung der Luft beym schnellen Comprimiren derselben offenbar beweise.

2) Können die Körper unmittelbar durch Einwirkung des Sonnenlichts erwärmt werden. Hierbey findet aber ein merklicher Unterschied Statt. Es werden nähmlich die verschiedentlich gefärbten Körper bey gleichem Einflusse der Sonnenwärme darauf nicht gleich stark und gleich schnell erwärmt. Schwarze und dunkel gefärbte Körper werden von den Sonnenstrahlen stärker erhitzt, als weiße und hell gefärbte derselben Art. Zwey harmonirende Thermometer, wovon die Kugel des einen durch Rauch geschwärzt worden, die des andern aber rein gelassen ist, den Sonnenstrahlen unter einerley Umständen ausgesetzt, werden nicht gleichförmig erhitzt werden; das geschwärzte wird eine höhere Temperatur anzeigen, als das helle; ja Pictet und Cavallo haben wahrgenommen, daß Thermometer mit geschwärzten Kugeln schon am Tageslichte höher stehen, als solche, deren Kugeln rein sind. Versuche über die ungleiche Erwärmung verschiedentlich gefärbter, und schwarzer und weißer Körper bey gleicher Intensität des darauf fallenden Sonnenlichtes haben Muschenbroek [a]), Franklin [β]), de Saussüre [γ] und Pictet [δ]) angestellt. Es entsteht aber hier die wichtige Frage, auf welche Art erwärmen die Sonnenstrahlen die denselben ausgesetzten Körper; erhält vielleicht das Sonnenlicht selbst Wärmestoff, und macht die Körper nur durch Mittheilung desselben warm, oder erregt es nur in den Körpern Wärme auf irgend eine Art? Diese Fragen sind von je her verschiedentlich beantwortet worden, und scheinen bis jetzt noch nicht völlig aufs reine gekommen zu seyn. Sonst war man der Meinung, daß das Sonnenlicht wirklich Wärmestoff auf die Erde herabsende, und die Körper dadurch warm mache. Allein de Lüc [ε]) suchte zu zeigen, daß die Sonnenstrahlen nicht

a) Introduct. ad philos. natur. T. II. §. 1620. sq.
β) Lettres on philosophical subjects. lett. 56.
γ) Versuche über das Feuer. §. 183. f.
δ) Reise durch die Alpen. Th. IV. §. 932. S. 109.
ε) Briefe über die Geschichte der Erde ꝛc. Br. 141. ingl. System über die Wärme in den Leipz. Samml. zur Physik u. Naturgesch. B. II. St. 6. S. 643. f.

nicht wirkliche Wärme mittheilen, sondern nur die in den Körpern selbst befindliche rege machen. Er glaubte dieß aus Beobachtungen des Herrn Pictet zu bestätigen, welche letzterer nachher ausführlich beschrieben, und mehrere Folgen daraus gezogen hat *). An einem senkrecht aufgerichteten Mastbaume wurden einige Thermometer in verschiedenen Höhen, ins besondere eines 75 Fuß hoch über der Erde an freyer Sonne, und ein anderes 5 Fuß hoch über dem Boden im Schatten, angebracht, und der Gang derselben mit Sorgfalt beobachtet. Diese Beobachtungen zeigten Herrn Pictet folgende merkwürdige Erscheinungen. Des Morgens, 2 bis 2½ Stunde nach Sonnenaufgang, standen beyde gleich hoch; nachdem aber die Sonne höher heraufstieg, erwärmte sich das untere Thermometer mehr, als das obere, und der größte Unterschied, welcher in dem wärmsten Momente des Tages Statt hatte, betrug etwa 2 Grade nach der 80theiligen Skale. Hierauf näherten sich beyde Thermometer einander wieder, trafen einige Zeit vor Untergang zusammen, und gingen dann auf die entgegengesetzte Art von einander ab, indem nun das untere niedriger, als das obere, stand. Dieser Unterschied nahm von Sonnenuntergang bis zu Ende der Dämmerung schnell zu, und ging bis auf 2 Grad und darüber. So war der Stand die ganze Nacht durch unverändert, und einige Zeit nach Sonnenaufgang fingen die Thermometer erst an sich wieder einander zu nähern, und erreichten nach zwey Stunden einen übereinstimmenden Stand. Diesen Gang beobachteten beyde Thermometer beständig bey ruhigen und heitern Tagen; nur bey heftigen Winden und bey gleichförmig trübem Himmel stimmten beyde Thermometer fast den ganzen Tag über zusammen. Diese Versuche dienten dem Herrn de Lüc β) vorzüglich zum Beweise, daß die Sonnenstrahlen an sich nicht warm sind, folglich durch Mittheilung nicht erwärmen, weil in den höhern Gegenden der Atmosphäre das von der Sonne beschienene

*) Versuche über das Feuer. S. 160. f.

β) Sechster Brief an de la Metherie in Grens Journal der Physik. B. IV. S. 233. f.

nene Thermometer nicht so viel Wärme zeigt, als ein im Schatten stehendes in untern Gegenden. Er erklärt dieß daher, weil die Sonnenstrahlen in der dünnern und trockenern Luft der obern Schichten nicht so viel Wärmestoff, den sie rege machen können, antreffen, als in der dichtern und feuchtern Luft nahe an der Erdfläche. Außerhalb der Atmosphäre ist also nach de Lüc die Sonne nicht erwärmend, sondern nur leuchtend. Auf hohen Bergen geben die Sonnenstrahlen mehr Helligkeit, und sind doch weniger warm. Es läßt sich nach de Lüc gar wohl gedenken, daß in einer sehr großen Höhe der Atmosphäre das Sonnenlicht gar nicht mehr erwärmt, und dennoch noch das Vermögen behält, im Brennpunkte zu zünden. Die Helligkeit desselben nehme desto mehr ab, je tiefer es falle, und mit der Erreichung der Erdfläche werde es fast von allen Körpern absorbirt; alsdann sey Erregung der Wärme die vorzüglichste Wirkung der Sonnenstrahlen. Nehme man hingegen an, daß das Sonnenlicht den Wärmestoff selbst enthielte, so müßte nach Sonnenuntergang gar keine Wärme mehr in dem Luftkreise anzutreffen seyn; denn welche Kräfte könnten sie zurückhalten; sie würde ohne Zweifel mit der nähmlichen Geschwindigkeit entfliehen, als sie ankam, und so müßte im Sommer starke Hitze und Kälte mit einander schnell abwechseln. Entspringe also die Wärme aus der Verbindung des Lichts mit der Wärmematerie, so werde das erstere durch diese Verbindung genöthigt, länger um die Erde und in ihr zu verweilen. Ferner bringe der Schatten eines kleinen Körpers das Quecksilber eines an der freyen Sonne hangenden Thermometers nicht zum Fallen, wohl aber der Schatten größerer Körper, wodurch die ganze Luft vor den Sonnenstrahlen geschützt wird; — ein Beweis, daß diese Strahlen nicht durch eine eigene Wärme, sondern erst durch die in der Luft erregten wirken. Hieraus macht nun de Lüc den Schluß, daß die Sonnenstrahlen Wärme erregen, aber nicht selbst der Wärmestoff sind; denn sobald sie Wärme erzeugen, werden sie ihrer vorigen Eigenschaft beraubt, sie strahlen und leuchten nicht

 mehr.

mehr. Es wirken aber die Sonnenstrahlen auf eine doppelte Art; zuerst erzeugen sie in den Körpern eine Wärme und dann zweytens vermehren sie die ausdehnende Kraft des schon vorhandenen Wärmestoffs. Es erhält also die ganze in dem Luftkreise befindliche Wärmemasse durch das Daseyn der Sonne eine Vergrößerung ihrer ausdehnenden Kraft, und dem Aufhören dieser Wirkung muß man es vorzüglich zuschreiben, daß in heitern Tagen nach Sonnenuntergang eine schleunige Erkältung der Atmosphäre entsteht. Eben dadurch erklären sich auch die abwechselnden Jahrszeiten; denn je länger und anhaltender das Sonnenlicht über der Erdfläche wirkt, und je größer der Winkel ist, unter welchem dasselbe auf die Oberfläche der Körper fällt, desto mehr Wärme wird erzeugt, und desto mehr ausdehnende Kraft der schon vorhandenen vergrößert. Die Wärme, als Wirkung des freyen Feuers anderer Substanzen, ist stets der ausdehnenden Kraft des Feuers angemessen; daher wird sie auch durch die Wirkung der Lichtstrahlen vermehrt. Allein es hat auch die Vergrößerung der ausdehnenden Kraft des Feuers durch neues Licht ihre Gränzen, denn wenn sie eine gewisse Stuffe erreicht hat, so gibt das Feuer sein überschüssiges Licht wieder her. Daraus erklärt de Lüc die Helligkeit, welche sich in der Nacht zeigt, wenn gleich die Strahlen der andern leuchtenden Weltkörper nicht zur Erde gelangen, ingleichen die übrigen phosphorischen Erscheinungen, z. B. des leuchtenden Holzes, der Lichtsauger, des in die Sonne gelegten Papiers u. s. w.

Nach Herrn Gren's Theorie *), welcher das Licht als eine Zusammensetzung von Brennstoff und Wärmematerie betrachtet, erhitzt das Sonnenfeuer die seinem Einflusse ausgesetzten Körper nicht allein nach Maßgabe des freyen Wärmestoffs, welcher dabey ist, sondern auch nach Maßgabe der stärkern oder schwächern Zersetzung des Lichts, die es von diesen Körpern erleidet. Vielleicht sey das Verhältniß des freyen Wärmestoffs zum Lichte im Sonnenfeuer nur sehr geringe;

*) Grundriß der Naturlehre. Halle 1797. 8. §. 816.

ringe; und daraus ließe sich erklären, warum die Sonnenstrahlen bey dem Durchgange durch die atmosphärische Luft, welche nur wenig Licht zersetze, die Luft selbst nur wenig erwärmen könne. In der Zersetzung des Sonnenlichts durch den Erdboden und die Körper darauf, sey auch wohl der vorzüglichste Grund zu suchen, warum die niedrigern Gegenden der Atmosphäre an der Erdfläche eine höhere Temperatur, als die höhern Regionen derselben besitzen. Je mehr die Körper durch ihre Anziehung zum Brennstoffe das Licht zersetzen, je mehr sondern sie Wärmestoff aus dem Lichte ab, je mehr verändern sie seine Action, zu erleuchten, in die zu erwärmen. Körper, welche also das Licht ganz, ohne zersetzt zu werden, durchdringt, und die, welche es unzersetzt reflektiren, können nur in so fern erwärmt werden, als beym Lichte freyer Wärmestoff ist. Hieraus erklärt Gren die verschiedene Erwärmung der verschiedentlich gefärbten Körper von den Sonnenstrahlen unter sonst gleichen Umständen.

3) Endlich entsteht auf eine unmittelbare Art Wärme bey einer sehr großen Menge Vermischungen ungleichartiger Substanzen, z. B. des Wassers mit lebendigem Kalke oder mit Vitriolöhl, der Oehle mit den mineralischen Säuren, bey ungemein vielen Auflösungen, Gährungen, Verwitterungen und allen Arten von Selbstentzündungen. Im Gegentheil gibt es aber auch Auflösungen, bey welchen sich eine Verminderung der Wärme, d. i. Kälte erzeugt. M. s. **Kälte, künstliche.**

Die meisten Naturforscher haben eine geraume Zeit alle unmittelbare Erregungsarten der Wärme aus einer einzigen Ursache, nähmlich aus der Reibung der Theile an einander, abzuleiten gesucht. Das Sonnenlicht sollte die Theile der Körper erschüttern, und sie zu einer Reibung an einander antreiben; Auflösungen, Gährungen, Mischungen sollten innere Bewegungen, mithin Reiben der Theilchen an einander, verursachen, und dadurch Wärme erregen. Allein auf diese Art ist nicht zu begreifen, wie bey Mischungen sich Kälte

 erzeugen

erzeugen könne, da doch die Theile derselben sich eben so gut, wie bey solchen die Wärme hervorbringen, an einander reiben müssen. Es scheint daher weit natürlicher zu seyn, daß hier ein eigenes Princip im Spiele sey, welches bey einigen Auflösungen wirksamer, als bey andern, gemacht wird.

Auf eine mittelbare Art werden Körper dadurch erwärmt, daß sie mit andern schon warmen Körpern in Berührung kommen und diesen Wärme entziehen, oder sie werden durch **Mittheilung** der Wärme warm. Wenn ein Körper mehr Wärmematerie besitzt, als die übrigen, und er ist mit verschiedenen in Berührung, so zeigt die Erfahrung, daß sich die Wärmematerie in den berührenden so lange vertheilt, bis ein gewisses Gleichgewicht unter einander Statt hat, und keiner dem andern mehr abnimmt und abgibt. Da nun der Grad der fühlbaren Wärme in einem Körper seine Temperatur genannt wird, so sagt man, es theile der wärmere Körper den ihn berührenden Körpern so viel freye Wärme mit, bis sie alle einerley Temperatur erhalten haben. Eben durch diese Mittheilung der Wärme entsteht in uns diejenige Empfindung, die wir Wärme nennen. Strömt wirklich Wärmematerie aus einem Körper in uns, so nennen wir ihn warm; entzieht er hingegen uns selbst Wärme, so heissen wir ihn kalt. Es sey aber nun ein Körper für unser Gefühl entweder warm oder kalt, so wird er doch endlich, wenn er eine gehörige Zeit mit uns in Berührung bleibt, mit unserm Körper selbst einerley Temperatur erhalten, in welchem Falle er uns weder Wärme mehr mittheilt, noch sie uns entzieht, und dann ist er für unser Gefühl weder warm noch kalt.

Es lehrt aber auch die Erfahrung, daß die verschiedenen Körper in gleichen Zeiten nicht gleich viel Wärmestoff andern ihnen berührenden Körpern mittheilen, indem ihn einige länger zurückhalten, andere aber schnell von sich geben. Es können daher Körper unter einander einerley Temperatur besitzen, und gleichwohl ein oder der andere unserm Gefühle bald wärmer, bald kälter vorkommen. So fühlt sich Metall heißer oder kälter an, als Luft von gleicher Temperatur; ein

ein erhitzter Körper wird im Wasser schneller abgekühlt, als in der Luft von derselben Temperatur u. s. f. Es kann also unser Gefühl keinen richtigen Maßstab für die Temperaturen abgeben.

Ein jeder erhitzter Körper wirkt nicht allein auf unser Gefühl, sondern vorzüglich aufs Thermometer, und zwar nach allen Richtungen hin. Gebe es also wirklich einen Wärmestoff, so müßte dieser eine expandirende Flüssigkeit seyn, und man könnte sich um jeden erhitzten Körper eine Sphäre von Wärmematerie von unbestimmter Größe vorstellen, in welcher bey ihrer weitern Verbreitung die ausdehnende Kraft abnehmen muß, so wie ihre Dichtigkeit abnimmt. Man nennt diesen auf solche Art thätigen Wärmestoff, den **freyen, fühlbaren, empfindbaren, thermometrischen Wärmestoff.** Dieser Wärmestoff ist es auch eigentlich, welcher das Thermometer und unser Gefühl afficirt. Nach atomistischen Principien verbreitet sich dieser Wärmestoff von einem Körper geradlinigt divergirend aus, so wie die Halbmesser einer Kugel von ihrem Mittelpunkte nach der Kugelfläche hingehen; daher ihn auch einige den **strahlenden Wärmestoff** nennen. **Scheele** *) war der erste, der ihm diesen Nahmen gab; er bemerkte nähmlich, daß sich die Wärme eigentlich auf zweyerley Art fortpflanzt, einmahl durch eine allmähliche langsame Mittheilung an das umgebende Mittel, und zweytens auch, wenn sie in Menge vorhanden ist, durch eine Verbreitung, vermöge ihrer Ausdehnungskraft, welche sie in geraden Strahlen fortführt, ohne daß sie sich mit der Luft verbinden, und von ihr aufgenommen werden kann, bis sie endlich in einer Entfernung dennoch in der Luft gleichsam zerfließt. Diese letzte Art der Fortpflanzung des Wärmestoffs nannte **Scheele** die **Umherstrahlung**, und unterschied sie von der Mittheilung selbst. Nach der dynamischen Lehre, wenn die Realität eines Wärmestoffs behauptet wird, muß er, als ein elastisches flüssiges Wesen, auch bey der größten Dünne seinen Raum

 mit

*) Von Luft und Feuer. S. 57.

mit Stetigkeit erfüllen, ob man ihn gleich zur anschaulichern Erklärung mancher Erscheinungen als strahligt vorstellen kann. Wenn also freyer Wärmestoff aus einem Punkte ausfließt, so folgt, daß seine ausdehnende Kraft im verkehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernung von dem Punkte abnehmen müsse.

Wenn ein Körper, dessen Temperatur um ein Merkliches über die des umgebenden Mittels und eines darin befindlichen Thermometers erhöhet ist, diesem Thermometer nahe genug gebracht wird, es sey auf welcher Seite es wolle, so wird dieses Thermometer eine höhere Temperatur zeigen. Es bleibt aber diese erhöhete Temperatur nicht beständig, sondern sie wird nach und nach zu der des umgebenden Mittels wieder zurückkommen. Dieß folgt aus der Verbreitung des freyen Wärmestoffs. Denn ein jeder erhitzter Körper, wenn er nicht beständig Zufluß von Wärme anders woher erhält, verliert nach und nach seinen Ueberschuß der Temperatur über die umgebenden; und es ist kein Körper auf der Erde bekannt, welcher eine erhöhete Temperatur erhalten, und die Zerstreuung des von ihm ausfließenden Wärmestoffs verhindern könnte. Daher gibt es auch für den Wärmestoff keine undurchdringliche Helle. Die Atomistiker, welche alle Materie als absolut undurchdringlich annehmen, erklären sich das Erwärmen der Körper und das Zunehmen der Temperatur, aus dem in ihre leere Zwischenräume tretenden und durch diese strömenden Wärmestoffe, und dessen zunehmender Dichtigkeit. Allein dieser Vorstellung gemäß würden bloß die leeren Zwischenräume warm, und die materiellen Theile der Körper müßten absolut kalt seyn. Gleichwohl behaupten sie auch, daß die verschiedenen Körper gegen die Wärmematerie, als ein Auflösungsmittel, verschiedene Verwandtschaften besitzen. Da aber nach der atomistischen Lehrart gar keine Auflösung Statt finden kann, indem hiernach bloß eine Nebeneinanderstellung der Wärmeatomen mit den Atomen der Körper, in deren leeren Zwischenräumen sich der Wärmestoff aufhält, zu gedenken ist; so läßt

sich

sich nicht einmahl begreifen, wie sich der Wärmestoff in den leeren Zwischenräumchen anhäufen und verdichten könne; denn schon Adhäsion setzt eine Verwandtschaft der einen Materie gegen die andere voraus. Es scheint also vielmehr dynamisch betrachtet eine wahre chemische Durchdringung des Wärmestoffs mit dem materiellen Theilen der Körper Statt zu finden, wenn das Daseyn eines Wärmestoffs behauptet wird.

Wenn also ein erhitzter Körper mit einem kältern in Berührung kommt, so pflanzt sich die Wärme aus jenem in diesen fort, und der kältere Körper entzieht den Ueberfluß der Wärme dem wärmern; der kältere Körper erhält also Wärmestoff, und der erhitzte verliert solchen; dieß dauert so lange, bis das Thermometer in dem kältern Körper eine gleiche Temperatur mit dem erhitzten anzeigt. Dieß Gesetz der Mittheilung der Wärmematerie läßt sich so ausdrücken: alle Körper eines Systems gelangen über lang oder kurz zu gleicher Temperatur, oder das Thermometer zeigt bey allen einerley Grad.

Man muß aber hieraus keinesweges folgern, wie Boerhaave glaubte, daß jeder Körper im gleichen Volumen oder bey gleicher Menge von Materie gleich viel absolute Menge freyer Wärmematerie erhalte. Denn es richtet sich keinesweges die absolute Menge der Wärmematerie, welche ein gewisser Körper in sich nimmt, um mit den übrigen gleiche Temperatur zu besitzen, nach dem Volumen, auch nicht nach der Masse, sondern vielmehr nach einer eigenen Verwandtschaft gegen die Wärmematerie. Ungleichartige Körper erfordern also bey gleichen Massen ungleiche Quantitäten des Wärmestoffs, um gleiche Veränderungen der Temperatur zuwege zu bringen. Und eben das Verhältniß der Quantitäten freyer Wärmematerie in ungleichartigen Körpern, bey gleicher Temperatur und gleicher Masse, nennen die Physiker specifische Wärme, comparative Wärme, Capacität der Wärme für Körper, wovon ein eigener Artikel, Wärme, specifische, handeln wird.

Weil aus einem warmen Körper nur in so fern freye Wärme ausströmt, als die ihn umgebenden Körper weniger warm sind, so sagt man, daß die Wärme eines Körpers, oder eines umgebenden Mediums, allemahl einem gleich großen Grade von Wärme in dem andern Körper das **Gleichgewicht** halte. Man muß sich aber bey diesem Gleichgewichte der Wärmematerie in Körpern von gleicher Natur keinesweges die Vorstellung machen, daß die Wärmematerie durch sich selbst sperrbar sey, oder daß zwey an einander gränzende Wärmetheilchen sich selbst zurückhielten, wie zwey gleich gespannte elastische Federn, welche Vorstellung besonders der Herr Hofrath **Mayer** in einer sonst schätzbaren Abhandlung [α]) zum Grunde seiner Untersuchungen gelegt hat. Die Atomistiker, welche die Materie als absolut undurchdringlich annehmen, müssen freylich hierbey dem Wärmestoffe eine ganze eigene, durch Nichts zu erweisende Eigenschaft beylegen, um erklären zu können, daß die Wärmetheilchen einander in ihrer Bewegung nicht stören. So betrachtet Herr **Prevost** [β]), nach des Herrn le Sage System, den Wärmestoff als eine discrete Flüssigkeit, deren Theile, wie das Licht, strahlend, und durch große Zwischenräume von einander getrennt sind. So wie nun das Licht anderes bewegtes Licht nicht aufhält, so wird auch der strahlende oder freye Wärmestoff von dem auf der Erde aller Orten verbreiteten Wärmestoffe keine Störung leiden, sondern es werden zwischen jeden zwey Theilen große Zwischenräume bleiben, um mehrere andere Ströme von Wärmetheilchen ungehindert hindurch zu lassen. Allein es wird hier die nähmliche Schwierigkeit eintreten, die beym Lichte Statt findet, und unter dem Artikel, **Licht** (Th. III. S. 256.) angeführt ist. Vielmehr scheint sich Alles ungezwungener nach der dynamischen Lehre, auch bey der Behauptung einer Wärmematerie, zu erklären, indem hiernach

α) Ueber die Gesetze und Modificationen des Wärmestoffs. Erlangen, 1791. 8.

β) Recherches physico-mecaniques sur la chaleur. Genev. et Paris 1792. 8.

hiernach die Wärmematerie ohne grosses Hinderniß sich selbst nach allen möglichen Richtungen durchdringen kann.

Es besteht also eigentlich das Gleichgewicht der Wärme in der Gleichheit der durch die Verbreitung des freyen Wärmestoffs hervorgebrachten Wechsel. Wenn nähmlich zwey benachbarte Körper einander Wärmetheilchen zusenden, und zwar in einer bestimmten Zeit, oder, welches eben das ist, wenn in einerley Zeit in dem einen Körper so viele freye Wärmetheilchen aus dem andern strömen, als von ihm zu demselben treten, so ändert sich natürlich die Temperatur nicht, weil die Quantität der freyen Wärmetheilchen in den Körpern gleich bleibt, und von derselben die Temperatur abhängt. Wenn hingegen der Wärmestoff in dem einen Körper seine ausdehnende Kraft verliert, so würde ihm von dem andern mehr davon zuströmen, als er jenem wieder zusendet, und so würde die Temperatur in jenem abnehmen; und dieß würde so lange dauren, bis die Wechsel ihrer Wärmetheilchen wieder gleich wären. Wenn daher ein Körper in einerley Zeit eben so viel freye Wärmetheile ausströmt, als er erhält, so ist seine Temperatur daurend; empfängt er aber mehr, als er ausströmt, ohne diese empfangenen Wärmetheilchen unwirksam zu machen, so wird seine Temperatur erhöht, d. i. er wird erhitzt werden; sendet er endlich mehr Wärmetheilchen aus, als er behält, so wird seine Temperatur vermindert, d. h. er wird erkaltet werden. Ein jeder Körper, dem Wärmestoff zugeführt wird, kann in einer gewissen Zeit nur eine bestimmte Quantität Wärmetheilchen erhalten, also muß auch für ihn eine gewisse Zeit nöthig seyn, um einen gegebenen Grad von Temperatur zu erreichen, oder bis zu einem gewissen Grade erhitzt zu werden. Wenn also bey verschiedenen Körpern die Massen, Volumina, und ihre Leitungskraft für die Wärme gleich gesetzt werden, so muß nothwendig ihre durch die Mittheilung erhaltene Temperatur von der Zeit und der Intensität des Wärmestoffs abhangen. Folglich muß die Zunahme der Temperatur ein und des nähmlichen Körpers (so lange lange seine Natur unverändert bleibt,) in einer

gegebenen Zeit der Intensität der Wärme des wärmeverbreitenden Körpers proportional seyn. Blieb aber Intensität der Wärme des wärmeverbreitenden Körpers unverändert, so muß diese Zunahme der Zeit proportional seyn, wenn nähmlich aus dem erwärmten Körper kein Wärmestoff wieder ausströmen, oder sonst wieder unwirksam gemacht werden kann. Aus diesen beyden Sätzen folgt also, daß die Anhäusung der Wärmematerie in einem Raume, aus welchem sie nicht wieder herausgeht, in einem zusammengesetzten Verhältnisse der Zeit und der Intensität der Wärme des die Wärmematerie ausströmenden Körpers sey, oder sich verhalte, wie das Produkt der Intensität der Wärme der ausfließenden Wärmematerie mit der Zeit multiplicirt. In dem nähmlichen Verhältnisse wird auch die aus einem Körper ausfließende Wärmematerie seyn, wenn die Temperatur desselben gleich bleibt. Mithin muß in gleicher Zeit aus einem erhitzten Körper doppelt so viele Wärmematerie ausströmen, wenn in selbigem die Dichtigkeit der freyen Wärme doppelt so groß ist, und bey gleich bleibender Intensität des Wärmestoffs wird er in doppelter Zeit noch einmahl so viel Wärmestoff aussenden.

Da aber jeder Körper, der Wärmestoff durch Mittheilung erhält, zu gleicher Zeit Wärmestoff ausströmt, so ist die Erhitzung desselben nur die Differenz der Quantitäten dieser ein- und ausströmenden Wärmetheilchen. Richmann *) leite aus einer Reihe von ihm angestellter Versuche das Gesetz ab, welches aus dem Vorhergehenden ungezwungen zu folgen scheint, daß die Erhitzung oder Erkältung eines der Luft ausgesetzten Körpers, wenn die Temperatur gleich bleibt, in gleichen Zeittheilchen dem Unterschiede der anfänglichen Temperaturen gleich sey. Wenn ferner ein erhitzter Körper in einem kalten Medium sich befindet, dessen Temperatur sich gleich bleibt, so führt die ausdehnende Kraft des Wärmestoffs in jedem gleichen Zeittheile einen Theil der Wärme des Körpers weg, welcher mit der in ihm zurückbleibenden Wär-

*) Nov. comment. Petropol. T. I. p. 191.

Wärmemenge proportional ist. Dieses Gesetz erwies zuerst **Newton** α) auf eine sinnreiche Art durch die Erkältung eines glühend gemachten Eisens. Er brachte dieß nähmlich an einen Ort, wo der Wind an selbiges blies, so daß die durch das Eisen erwärmte Luft beständig fortgetrieben, und an deren Stelle kalte mit gleichförmiger Bewegung hingebracht wurde. Auf solche Art mußten in gleichen Zeiten auch gleiche Theile der Luft erwärmt werden, und durch Mittheilung eine Wärme erhalten, welche der zurückbleibenden Wärme im Eisen proportional war. **Martine** β) machte zwar gegen die Wahrheit dieses Gesetzes Einwendungen; allein **Lambert** γ) fand es mit den Erfahrungen übereinstimmend, und gründete darauf seine schöne Theorie der Erwärmung. Nach diesem Gesetze nimmt die Wärme in gleichen auf einander folgenden Zeiten im geometrischen Verhältnisse ab, nachdem die Zeit im arithmetischen Verhältnisse wächst; daher läßt sich jenes durch Hülfe der Logarithmen sehr leicht finden.

Nach **Richmann** sind die Erkältungen erhitzter Körper in einem Mittel, dessen Temperatur sich gleich bleibt, im geraden Verhältnisse ihrer Oberflächen und im verkehrten ihrer Massen. **Boerhaave** und **Musschenbroek** hatten angenommen, daß die Erkältungen verschiedener ungleichartiger Körper sich wie ihre Dichtigkeiten verhielten. Allein dieß ist offenbar falsch, wie auch schon **Martine**, **Lambert** und **Buffon** gezeigt haben. Denn es kommt hierbey nicht auf Dichtigkeit allein, sondern vorzüglich auf Capacität und Fähigkeit, die Wärmematerie fortzuleiten, an. So behalten Federbetten ihre Wärme weit länger zurück, als eben so sehr erwärmtes Metall in einem Medium von gleicher Temperatur u. s. f.

Wenn zwey Körper gleichartig bleiben, so kann es gar nicht bezweifelt werden, daß, wenn die Temperaturen derselben

α) Opuscul. collect. a *Castiliano*. Tom. II. p. 423. u. princip. Lib. III. prop. VIII. corol. 4.

β) Diss. sur la chaleur. Paris. 1751. p. 69. sq.

γ) Pyrometrie, oder vom Maße der Wärme und des Feuers. Berl. 1779. 4. S. 258.

ben gleich sind, die absoluten Quantitäten des freyen Wärmestoffs sich darin verhalten, wie die Umfänge, oder wie die Massen. Es mag der Wärmestoff darin Abänderungen seiner ausdehnenden Kraft erleiden, oder nicht, so wird im ersten Falle dieß immer auf gleiche Art geschehen. Hieraus folgt, daß, wenn zwey gleichartige Körper von gleichen Temperaturen mit einander gleichförmig vermengt werden, sich die Wärmemenge beyder zusammen gleichförmig durch das ganze Gemenge ausbreiten, und die Vertheilung des Ueberschusses des freyen Wärmestoffs den Voluminibus oder Massen derselben proportional seyn müsse. Wenn also T, t die verschiedenen Grade der Temperatur der zu vermengenden gleichartigen Körper, M, m ihre Massen oder ihre Volumina andeuten, so ist die Temperatur nach der Vermengung, oder $x = \frac{T . M + t . m}{M + m}$. Diese schon von Richmann *) angegebene Regel bestätigt die Erfahrung vollkommen, wenn das zugleich beabsichtigt wird, was von der Wärme während des Zusammenmischens an die umgebende Luft, oder das Gefäß, worin man die Mischung macht, tritt. Wenn $M = m$ wäre, so ist $x = \frac{T + t}{2}$. Gesetzt, es werde 1 Pfund heißer Sand von 180° Fahrenh. mit 1 Pfund von 40° vermengt, so wird die Temperatur nach der Vermengung $\frac{180 + 40}{2}$ $= 110°$ werden, oder der Unterschied 140° in dem einen Pfunde wird sich unter beyde Pfunde gleichförmig vertheilen, so daß das wärmere Pfund $\frac{140}{2}$, oder 70 Grad verliert, und dagegen das kältere $\frac{140}{2} = 70°$ gewinnt. Oder wenn 10 Pfund Wasser von 180 Grad mit 6 Pfund Wasser von 40 Grad vermischt werden, so wird die Temperatur nach der

*) Nov. comment. Petrop. T. I. p. 152. 168. sq.

der Mischung $\frac{180 . 10 + 40 . 6}{10 + 6} = 127\frac{1}{2}$ Grad werden. Aus der Formel $x = \frac{T . M + t . m}{M + m}$ folgt, daß $M : m = x - t : T - x$ seyn müsse. Man kann also hieraus finden, wie groß die Massen oder Gewichte zweyer gleichartiger Körper, deren verschiedene Temperaturen gegeben sind, seyn müssen, um aus ihrer Vermengung die verlangte Temperatur herauszubringen. Man habe z. B. Wasser von 60° und von 180°, wie ist das Verhältniß von jedem, um eine Temperatur von 96 Grad des Gemischten hervorzubringen? Antw. $96 - 60 : 180 - 96 = 36 : 84 = 3 : 7$, d. h. man wird von dem Wasser von 180 Gr. 3 Theile, und von dem von 60 Gr. 7 Theile mit einander vermischen müssen, um 96° warmes zu erhalten.

Diese Regel findet aber keinesweges mehr Statt, so bald man ungleichartige Körper von verschiedenen Temperaturen mit einander vermengt. Hier vertheilt sich der Ueberschuß des wärmern nicht nach Verhältniß der Gewichte dieser Körper, und es sind vielmehr ungleiche Quantitäten des freyen Wärmestoffs nöthig, um mit gleichen Gewichten gleiche Veränderungen der Temperatur zuwege zu bringen. Wenn z. B. 1 Pfund Quecksilber und 1 Pfund Wasser, welches letztere eine höhere Temperatur hat, als das erste, mit einander zusammengerührt werden, so wird die Wärme des Gemenges allemahl größer seyn, als das arithmetische Mittel der vorigen Temperaturen; wenn aber das Quecksilber heißer ist, als das Wasser, so wird die Temperatur kleiner seyn, als das arithmetische Mittel. Dieß hat auf den Begriff von specifischer Wärme geführt, wovon ein eigener Artikel handeln wird.

Der freye Wärmestoff, welcher bey seiner Verbreitung auf die Fläche eines andern Körpers trifft, und davon nicht angezogen wird, oder sie nicht durchdringt, wird nach den Gesetzen der Reflexion elastischer Körper davon wieder zurückgewor-

geworfen, und strömt unter eben dem Winkel von der reflectirenden Fläche zurück, unter welchem er darauf stieß. Durch Hülfe der Brennspiegel ist man daher im Stande, die aus einem erhitzten Körper ausfließende Wärme in den einen Focus des Brennspiegels zu sammeln. Ein solcher Versuch scheint nach Zahns [α]) Erzählung zuerst in Wien angestellt worden zu seyn. Man brachte nähmlich in den Brennpunkt eines späriſchen Hohlspiegels, welcher im Diameter 6 Fuß hatte, ein eisernes Gefäß mit glühenden Kohlen; jenem Spiegel gerade gegen über in einer Entfernung von 20 bis 24 Fuß ward ein anderer Hohlspiegel, der im Diameter drey Fuß hatte, gestellt, und in den Brennpunkt desselben ein Stück Schwamm mit einem Schwefelfaden gelegt. Als nun die Kohlen mit einem Blasebalge beständig geblasen wurden, so entzündete sich endlich der Schwamm mit dem Schwefelfaden. Noch mehrere Versuche dieser Art haben nachher du Fay [β]), Cassini [γ]), Pictet [δ]) und neulich Herschel [ε]) gemacht, und diese Thatsache völlig bestätigt, daß die freye Wärmematerie eben so, wie das Licht den Gesetzen der Reflexion unterworfen ist. Ob aber die freye Wärmematerie eben so wie das Licht in den Brenngläsern gebrochen werde, das war bisher noch nicht völlig entschieden. Man hatte verschiedene Versuche mit einer Brennlinse gemacht, aber beständig gefunden, daß damit durch Kohlenfeuer zwar Licht, aber keine Wärme im Brennraum hervorgebracht werde. Herr Gren meinte, so viel sey gewiß, daß das Glas im Stande sey, den freyen Wärmestoff beym Lichte, durch seine Anziehung dazu, zum Theil abzusondern. Herr Herschel hat aber durch seine neulich angestellten Versuche unbezweifelt erwiesen, daß die freye Wärmematerie eben-

α) Oculus artificialis teledioptri. Fundam. III. Syntag. V. cap. VI. artif. 12.

β) Memoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1726.

γ) Ibid. an. 1747.

δ) Versuch über das Feuer. Cap. 3.

ε) Herschels Untersuchungen über die Natur der Sonnenstrahlen. Aus dem Engl. durch Harding. 1. Heft. Celle. 1801. 8. S. 102. f.

ebenfalls, wie das Licht, den Gesetzen der Brechung unterworfen sey. Um zuerst zu zeigen, daß die unsichtbaren Wärmestrahlen der Sonne in einer Glaslinse gebrochen werden, nahm er ein Dollond'sches Brennglas, bedeckte es zur Hälfte mit Pappe, und ließ das prismatische Farbenbild auf die Bedeckung fallen. Die letzten sichtbaren rothen Farbenstrahlen brachte er $\frac{1}{10}$ Zoll vom Rande der Pappe, und ließ die außerhab des Farbenbildes befindlichen unsichtbaren Strahlen auf das Glas fallen. In dem Brennpunkte der rothen Strahlen, oder ein wenig außerhalb desselben, stand die Thermometerkugel Nr. 1., und so nahe, als nöthig war, bey ihr die kleine Kugel von Nr. 2. Daß die dunsichtbaren Sonnenstrahlen, welche die Wärme verursachen, durch die Brechung genau in den Brennpunkt gebracht wurden, ergibt sich aus folgendem Thermometerstande

	Nr. 1. im Brennpunkte	Nr. 2. neben dem Brennpunkte
0'	57°	57°
1'	102°	57°

Diese Strahlen gaben also dem Thermometer im Brennpunkte in einer Minute 45° Wärme, während Nr. 2. gar keine Aenderung erlitt.

Hierbey war es merkwürdig, daß, ungeachtet er die rothen Strahlen des Farbenbildes auf $\frac{1}{10}$ Zoll von dem Rande des Pappendeckels entfernt hielt, dennoch immer ein wenig von der rothen Farbe auf des Thermometers Kugel sichtbar war. Dieser Umstand führte auf die Vermuthung, daß die unsichtbaren Sonnenstrahlen vielleicht durch eine gehörige Verdichtung könnten sichtbar gemacht werden. In dieser Rücksicht stellte er noch folgenden Versuch an. Er zog nähmlich das Brennglas so weit zurück, daß die äußersten rothen Strahlen $\frac{1}{5}$ Zoll von der Ecke der halbkreisförmigen pappenen Bedeckung des Glases entfernt waren. Hierbey verhielt sich das Thermometer auf folgende Art:

	Nr. 2.	Nr. 3.
0'	57°	57°
1'	78°	57°

Hier war auch nicht die geringste Farbe oder Spur von Licht auf die Thermometerkugel zu sehen, und gleichwohl erhielt sie in einer Minute 21° Wärme von Strahlen, welche weder vorher sichtbar waren, noch nach ihrer Verdichtung dem Auge dargestellt werden konnten.

Um endlich auch zu untersuchen, ob die unsichtbare Wärme des Küchenfeuers in einer Glaslinse gebrochen werde, nahm er die Voraussetzung an, daß das wechselseitige Steigen und Fallen eines in dem Brennpunkte einer Glaslinse gestellten Thermometers, dessen Kugel abwechselnd ihren Wirkungen ausgesetzt, oder gegen sie gedeckt wird, von der Brechung des Glases bewirkt werde, und nicht bloß dem wechselseitigen Durchfallen und Aufhalten der Strahlen zugeschrieben werden könne. Dieser Voraussetzung gemäß verfuhr er also. Die Glaslinse von 1, 4 Zoll Brennweite und 1, 1 Zoll Breite setzte er 2, 8 Zoll weit von der Grundfläche eines heißen eisernen Cylinders, und in ihrem Brennpunkt das Thermometer Nr. 2. Durch einen kleinen Pappschirm deckte er dasselbe gegen des Cylinders Wärme, und ließ abwechselnd durch Fortrückung des Schirms die condensirten Wärmestrahlen auf seine Kugel fallen.

		Nr. 2.	
bedeckt	0′	55°	stark roth glühend
offen	2′	63½	roth glühend
bedeckt	4	58	noch roth glühend
offen	6	60½	noch roth
bedeckt	8	57½	etwas roth
offen	10	59¼	zweifelhaft
bedeckt	12	57½	nicht sichtbar im
offen	14	58¼	dunkeln Zimmer
bedeckt	16	57¼	
offen	18	58¼	
bedeckt	20	57¼	
offen	22	58	
bedeckt	24	57½	
offen	26	58	
bedeckt	28	57½	

Diese

Diese Versuche zeigten also deutlich die Brechbarkeit der Wärme in der Glaslinse; denn es fand hier ein regelmäßig abwechselndes Steigen und Fallen des Thermometers von der roth glühenden Wärme des Cylinders an bis zu dem niedrigsten Grade derselben herab, da er vollkommen schwarz erschien, Statt, wobey die Wirkung der verdichteten Strahlen nur einen halben Grad mehr betrug, als der durch die vom Glase aufgehaltenen Strahlen bewirkte Verlust.

Um noch einen bestätigenden Beweis außer der gleichförmigen und unterbrochenen Wirkung der Glaslinse in dem vorigen Versuche zu haben, wiederhohlte er denselben noch einmahl, und nahm dabey ein Thermometer Nr. 3. zu Hülfe. Zuerst stellte er dasselbe $\frac{3}{4}$ Zoll von Nr. 2. und etwas näher nach der Glaslinse hin, jedoch so, daß es weder von dem convergirenden Strahlenkegel getroffen, noch von dem kleinen Pappenschirm zwischen beyden Thermometern bedeckt werden konnte.

		Nr. 2. im Focus	Nr. 3. Zur Seite desselben immer offen
bedeckt	0′	$62\frac{1}{2}$°	63
offen	1′	$63\frac{3}{4}$	64
bedeckt	2	$62\frac{7}{8}$	64
offen	3	64	$64\frac{1}{2}$
bedeckt	4	$63\frac{3}{4}$	$64\frac{1}{2}$
offen	5	$64\frac{7}{8}$	$64\frac{1}{2}$
bedeckt	6	$64\frac{1}{2}$	$64\frac{1}{2}$
offen	7	$64\frac{3}{4}$	64
bedeckt	8	$64\frac{1}{2}$	64

Hier empfing das Thermometer Nr. 3. außerhalb der Gränze der Refraction, nach und nach seine größte Wärme durch eine ununterbrochene Einwirkung des glühenden Cylinders, und fing nachher an zu fallen; Nr. 2. hingegen erreichte sein Maximum nach abwechselndem schnellen Steigen und geringen Fallen, und verlor nachher seine Wärme wieder nach starkem Fallen und geringem Steigen. Nach Verlauf von

8 Minuten veränderte er den Ort des Hülfsthermometers, und setzte es seitwärts bey dem im Brennpunkte befindlichen Nr. 2. so hin, daß es zugleich mit diesem abwechselnd von dem Schirme bedeckt werden, und doch auch zugleich einen kleinen Theil von den unsichtbaren Wärmestrahlen erhalten konnte, welche sich in dem Brennpunkte des Glases vereinigen mußten. In dieser Lage mußte nun das Hülfsthermometer, wenn die Schlüsse richtig seyn sollten, ebenfalls abwechselnd steigen und fallen, jedoch nicht so beträchtlich, als das in des Glases Brennpunkte befindliche Thermometer

		Nr. 2. im Focus	Nr. 3. Zur Seite desselben
beyde offen	8′	$64\frac{1}{2}°$	$64°$
beyde bedeckt	$9\frac{1}{2}$	$63\frac{3}{4}$	$63\frac{3}{4}$
offen	11	$64\frac{1}{2}$	64
bedeckt	$12\frac{1}{2}$	63	$63\frac{1}{4}$
offen	14	$63\frac{1}{4}$	$63\frac{1}{2}$
bedeckt	16	$62\frac{3}{4}$	63
offen	18	$63\frac{3}{4}$	$63\frac{3}{4}$

Die Veränderungen des Thermometers Nr. 2. waren also $-\frac{3}{4} + \frac{1}{2} - 1\frac{1}{4} + \frac{3}{4} - 1 + 1$; die von Nr. 3. aber waren $-\frac{1}{4} + \frac{1}{4} - \frac{3}{4} + \frac{1}{4} - \frac{1}{2} + \frac{3}{4}$.

Hieraus ist nun die Wirkung der Refraction des Brennglases so klar erwiesen, daß wir mit völliger Gewißheit behaupten dürfen, es gibt Strahlen, welche vom heißen Eisen ausfließen, und bey einer gänzlichen Unsichtbarkeit dennoch die Kraft besitzen, Wärme zu verursachen, und zugleich gewisse Gesetze der Refraction befolgen, welche denen sehr ähnlich sind, wodurch das Licht afficirt wird.

Die Fortpflanzung des freyen Wärmestoffs scheint bey unsern Versuchen auf der Erde augenblicklich zu erfolgen; für sehr große Räume muß sie aber allerdings, wie die Fortpflanzung des Lichts, meßbar seyn. So schien Herrn Pictet die fortgehende Bewegung der freyen Wärmematerie bis auf 69 Fuß weit instantan zu seyn. Sonderbar kam es ihm vor, daß seine Spiegel, welche er zum Versuche der Zurückstrah-

strahlung der freyen Wärme gebrauchte, auch die Kälte reflektirten, welche er im Brennpunkte durch Eis und Scheidewasser hervorbrachte. Herr Prevost erklärt dieses Phänomen sehr gut aus dem Wechsel der aus- und einströmenden Wärmetheilchen. Wenn nähmlich die beyden in den Brennpunkten befindlichen Körper gleiche Temperatur besitzen, so wird der Einfluß bey jedem genau den Ausfluß compensiren, oder der Wechsel der aus- und einströmenden Wärmetheilchen wird gleich bleiben, mithin das Gleichgewicht zwischen beyden nicht gestört werden. Man verstärke aber die Wärme des einen z. B. um $\frac{1}{10}$ des Ganzen, so wird der zweyte Körper mit ihm vortheilhafte Wechsel machen: für 10 Theilchen, welche er ihm durch Zurückstrahlen zuschickt, wird er auf eben dem Wege 11 erhalten, seine Wärme wird also vermehrt werden. Man entziehe hingegen dem erstern Körper $\frac{1}{10}$ seiner Wärme, so macht der zweyte mit ihm nachtheilige Wechsel, und erhält für 10 Theile, die er jenem zusendet, nur 9 Theile zurück; er wird also erkaltet, und es hat den Anschein, als sey die Kälte des erstern Körpers durch die Reflexion der Hohlspiegel in den zweyten übergegangen.

Ueberdieß zeigt Herr Prevost noch, daß man diese Erscheinung der scheinbar reflektirten Kälte auf gar keine andere Art, als auf diese, erklären könne. Nehme man die Vorstellungen von Spannungen der Wärme und vom Gleichgewicht unbewegter elastischer Wärmematerien an, so sehe man gar nicht ein, was die Wärme aus dem Thermometer im Brennpunkte des einen Spiegels herauslocke, und wodurch sie genöthigt werde, gerade den Weg zu nehmen, welcher sie erst in den andern Spiegel und von da in das Eis in dem Brennpunkt desselben führt, da sie kürzer auf geradem Wege zum Eise kommen könne, ohne einen von beyden Spiegeln zu berühren. Ja, da die Kälte des Eises gleichsam einen Schlund eröffnet, in welchem sich die Wärme aus allen benachbarten Körpern zu stürzen strebt, und diese Ursache nach dem verkehrten Verhältnisse des Quadrats der

Entfernungen wirkt, so müßte nach der Theorie der Spannungen und des Gleichgewichts unbewegter Massen das Thermometer weit mehr erkältet werden, als sein Spiegel, oder seine Wärme müßte in einer geringern Spannung seyn, als die Wärme des Spiegels, theils, weil sie dem Eise selbst näher, als dieser, steht, theils, weil sie auch dem andern Spiegel näher ist, und daher von der Erkältung, die dieser verursacht, mehr afficirt wird. Es könnte daher keine Wärme aus dem Thermometer an den Spiegel treten, oder, wenn dieß ja erfolgte, um die daselbst entwichene zu ersetzen, so könnte sie nicht in den andern Spiegel reflectirt, sondern müßte in dem erstern verschluckt werden. Herr Prevost meint, daß, wenn man sich weigern wolle, die Wärmematerie als eine diskrete Flüssigkeit anzunehmen, deren Theile in steter strahlender Bewegung sind, man schwerlich eine genugthuende Erklärung dieser schönen Erscheinung der zurückstrahlenden Kälte geben könne. Allein, ich sollte meinen, noch weit schöner würde die Erklärung aussehen, wenn man dieß Phänomen nach dynamischen Principien beurtheilt; denn hierbey hat man gar nicht einmahl auf die Schwierigkeit Rücksicht zu nehmen, wie bey der atomistischen Lehre, da sich zwey Wärmetheilchen einander begegnen, und als undurchdringliche Atome betrachtet einander nicht ausweichen könnten; ohne Zweifel müßte das eine, wenn es stärker bewegt wäre, das andere ihm begegnende fortstoßen, und dadurch eine ungemein verwickelte mechanische Theorie veranlassen.

Ungeachtet es keinen einzigen Körper gibt, welcher die freye Wärmematerie zurückhielt, und beständig die gleiche Menge derselben mit unveränderter Intensität zu erhalten vermögend wäre, so lehrt die Erfahrung, daß die verschiedenen Körper die Wärmematerie nicht gleich schnell durchlassen, und bey gleicher Temperatur einen und denselben in ihnen eingeschlossenen Körper von der höhern Temperatur, bey übrigens gleichen Umständen, nicht in gleichen Zeiten um gleich viele Grade abkühlen lassen. Man war sonst der Meinung, daß dichtere Körper die Wärme stärker und besser leiteten,

teten, als lockerere, weil sie an der Berührungsstelle mehr Masse enthielten, und der Wärmematerie mehrere Berührungspunkte zur Mittheilung darbötheu. Hieraus erklärte man, warum sich Steine und Metalle kälter anfühlten, als Holz oder Tuch von derselben Temperatur, weil sie nähmlich unserm Körper in gleicher Zeit mehr Wärme raubten; allein dieß Gesetz ist keinesweges allgemein.

Schon alltägliche Erfahrungen lehren, daß wir durch wollene Kleider und Bedeckungen uns mehr vor der Kälte schützen können, als ohne diese; daß wir uns in Federbetten auch in Zimmern, die unter dem Gefrierpunkte kalt sind, in der zum Leben nöthigen Temperatur erhalten können, wenn wir daselbst in einer Hülle von Metall ohne Zweifel erstarren müßten; daß ein erhitzter Körper schneller im Wasser abgekühlt wird, als in Luft von derselben Temperatur; daß Bäume mit Stroh umwunden vor dem Winterfroste besser beschützet werden, als ohne diese Bedeckung; daß es unter Strohdächern im Sommer kühler und im Winter wärmer ist, als unter Ziegeldächern; daß Eisgruben mit hölzernen Bekleidungen den Eindrang der äußern Wärme ungleich länger abhalten, als mit steinernen Wänden; daß eine eiserne Stange mit einem hölzernen Handgriffe sich an diesem ohne Verletzung der Hand anfassen läßt, wenn sie an ihrem Ende glühend gemacht wird, da sie hingegen mit dem metallenen Handgriffe bald eine verletzende Wärme erlangen würde; daß unter der Hülle des Schnees die Temperatur des Bodens weit länger warm bleibt, als wenn er von der Luft allein berührt wird; daß wir unter Asche erwärmte Flüssigkeiten länger warm erhalten können, als in der Luft, welches letztere auch schon Aristoteles bemerkt, u. dergl. mehr.

Diesen Erfahrungen gemäß schreiben wir daher demjenigen Körper, der die Wärmetheilchen schneller durch sich durchläßt, als ein anderer, oder der in kürzerer Zeit bey gleicher Oberfläche durch einerley Wärmestrom von einerley Temperatur zu einer gleichen Anzahl von Graden erhitzt wird, eine größere **wärmeleitende Kraft** zu, als einem andern, und

gründen hierauf den Unterschied zwischen **guten** und **schlechten Leitern** für die Wärmematerie.

Franklin [α]) und **Achard** [β]) wollten bemerkt haben, daß die besten Leiter der Elektricität auch die besten Wärmeleiter sind. Metalle erhitzen und erkälten sich am schnellsten, die Holzarten langsamer, Glas und Harze am spätesten. Auch wollte **Buffon** wahrgenommen haben, daß überhaupt Flüssigkeiten die Wärme besser leiten als die festen Körper; allein neuere Erfahrungen haben gerade das Gegentheil erwiesen.

Es kommt aber hierbey vorzüglich darauf an, was man eigentlich unter dem Ausdrucke der **wärmeleitenden Kraft** der Körper verstehe. Man kann nähmlich bey Bestimmung dieses Begriffs von verschiedenen Standpunkten ausgehen. Wenn z. B. ein bis zum Siedpunkt erhitztes Thermometer in eine Masse schmelzenden Eises gestellt wird, so wird es darin weit schneller zur Temperatur des schmelzenden Schnees herabkommen, als in der Luft von derselben Temperatur. In dieser Rücksicht muß man also dem Schnee eine stärker wärmeleitende Kraft, als der Luft, zuschreiben. Im Gegentheil läßt sich ein bestimmtes Volumen Luft durch einerley Wärmestrom in weit kürzerer Zeit vom Gefrierpunkte bis zu einer gewissen Temperatur erheben, als ein gleiches Volumen Schnee. Nehme man also diese Bestimmung an, so müßte man der Luft eine stärkere wärmeleitende Kraft, als dem Schnee, beylegen. Herr **Thompson** (**Grafen von Rumford**), welcher diesen Gegenstand am meisten untersucht hat, und mit diesem Herr **Gren** verstehen unter der **wärmeleitenden Kraft** das Vermögen der Körper, bey übrigens gleichen Umständen, die Abkühlung eines darin eingeschlossenen erhitzten Körpers schneller oder langsamer zu zulassen. Derjenige Körper, welcher diese Abkühlung schneller zuläßt, ist ein besserer Leiter, als derjenige, welcher sie langsamer oder in längerer Zeit zuläßt. Im gemeinen Leben pflegt

α) *Rozier* journ. de phyſ. 1773. p. 276. im Ausz. in Crells chem. Annal. 1784. St. 4. S. 61.

β) Mémoir. de l'Acad. de Berlin 1779. im Gothaisch. Magaz. B. II. St. 2. S. 39. u. f.

pflegt man schlechte Leiter für die Wärme z. B. Federn, Wolle, Haare, Pelzwerke, **warme**, auch **warmhaltende Körper** zu nennen.

Man hat diesen Gegenstand erst in den neuern Zeiten, welcher wegen des Nutzens, der sich von seiner Bearbeitung für die Künste und Gewerbe, und für die menschliche Gesellschaft überhaupt, so wie selbst für die Erklärung mehrerer Naturphänomene daraus ziehen läßt, so überaus wichtig ist, zu bearbeiten angefangen. **Richmann** [α]) beschreibt einige Versuche über die starke Leitungskraft des Quecksilbers, und im 4ten Bande der Petersb. Commentarien macht er sein Verfahren bekannt, die Erkältungsfähigkeit fester Körper zu untersuchen. Er ließ nähmlich metallene Kugeln von gleicher geometrischen Größe mit cylindrischen Höhlungen verfertigen, füllte die Höhlungen mit einerley flüssigen Materie an, und stellte die Kugel eines Thermometers hinein. Die metallenen Kugeln wurden nun bis auf einen gewissen Grad erhitzt, und hierauf in freyer Luft aufgehängt, und abgekühlt. Auf diese Art fand **Richmann**, daß das Bley die Wärme am schnellsten annahm und verlor, und daß hierauf der Ordnung nach Zinn, Eisen, Kupfer, Messing folgten.

Nachher stellte D. **Ingenhouß** [β]) über die wärmeleitende Kraft der Metalle mit einer sehr einfachen von **Franklin** ihm mitgetheilten Vorrichtung verschiedene Versuche an. Er überzog Drahte von verschiedenen Metallen mit einer dünnen Wachslage, senkte sie alsdann alle zusammen in heißes Oehl, und bemerkte, wie schnell an jedem Drahte die Hitze, die zu Abschmelzung des Wachses nöthig war, sich fortpflanzte. Hiernach fand er, daß das Silber unter allen Metallen der beste, und das Bley der schlechteste Wärmeleiter sey. Ueberhaupt war die Ordnung folgende: Silber,

 Kupfer,

α) De argento viuo calorem celerius recipiente et celerius perdente, quam multa fluida leuiora, experimenta et cogitationes. In nov. comment. Petrop. Tom. III. 1754. p. 309.

β) Von dem Unterschiede der Geschwindigkeit, mit welcher die Hitze durch verschiedene Metalle geht. In Ingenhouß vermischten Schriften, übers. von Molitor, Wien 1784. 8. B. II. S. 343. f.

Kupfer, Gold, Zinn, Eisen, Stahl, Bley. In der Folge hat er diese Versuche fortgesetzt [α]), und die Platina, welche doch eines der dichtesten Metalle ist, wider Vermuthen, als einen sehr schlechten Wärmeleiter befunden. Nach diesen neuen Versuchen glaubt er dem Silber, Gold, Kupfer und Zinn mit Gewißheit die vier ersten Stellen einräumen zu können, indem diesen offenbar Stahl, Eisen und Bley sehr weit nachständen. Dieß scheint Richmann's Versuchen, nach welchen das Bley die Wärme am schnellsten leitet, gerade entgegen zu seyn; allein es liegt hierbey ein Fehler der Methode zum Grunde, indem die Versuche etwas ganz anderes beweisen, als was Ingenhouß daraus folgert. Ueber die wärmeleitende Kraft der verschiedenen Gasarten hat Achard [β]) Untersuchungen angestellt, dabey aber irrig statt des geraden Verhältnisses das verkehrte gesetzt.

Die meisten und interessantesten Versuche über die wärmeleitende Kraft hat Herr Thompson angestellt. Seinen ältesten Versuchen zu Folge ist die wärmeleitende Kraft:

beym Quecksilber	1000
bey feuchter Luft	330
Wasser	300
trockener Luft	80
luftleeren Raum	55 [γ]).

Herr Pictet [δ]) hat über den Durchgang der Wärme durch verschiedene elastische Flüssigkeiten und durch den luftleeren Raum selbst, verschiedene Versuche angestellt. Seine Vorrichtung dazu besteht aus einem frey hängenden Thermometer, einem Elektrometer, Saussür'schen Haarhygrometer, und einem Elasticitätszeiger, oder einem abgekürzten Heberbarometer; welche vier Instrumente zusammen an einem gemeinschaftlichen Gestelle

α) Rozier journal de physique. T. XXXIV. 1789. p. 68. Uebers. in Grens Journal der Physik. B. I. S. 154. u. f.

β) Nouvell. mémoir. de Berlin 1786. Versuche zu Bestimmung der Grade, in welchen die Flüssigkeiten Ableiter der Wärme sind. In Crells chem. Annal. 1787. B. II. S. 195. f. S. 291. f.

γ) New experiments upon Heat by *Colon.* Sir *Benjamin Thompson.* Lond. 1786. 4. Philos. Transact. Vol. LXXVI. LXXVII.

δ) Versuche über das Feuer. Aus dem Franz. 8. Cap. 4. 5. 6.

Gestelle in einem großen gläsernen Ballon eingeschlossen wurden, welcher entweder luftleer gemacht, oder mit der verlangten elastischen Flüssigkeit angefüllt werden kann. In diesem Ballon wird die Thermometerkugel mittelst einer brennenden Kerze erwärmt, deren ausfließende Wärme von Hohlspiegeln auf diese Kugel reflectirt wird, welches nach Pictet ein Mittel ist, das Thermometer nach Belieben zu erwärmen, ohne dem durchsichtigen Mittel, worin sich dasselbe befindet, eine merkliche Wärme mitzutheilen. Vorher untersuchte er mit großer Sorgfalt die Wirkung der brennenden Kerzen auf die Erwärmung des Thermometers, so wohl mit geschwärzter, als mit reiner Kugel; den Widerstand, welchen die Glaswände des Ballons dem Durchgange der Wärme entgegensetzt (wobey er fand, daß diese Wände etwa $\frac{2}{3}$ bis $\frac{5}{6}$ des zuströmenden wärmenden Ausflusses hinwegnehmen); und den mittleren Grad der Erwärmung, den die Luft im Ballon durch den zur Erwärmung des Thermometers gebrauchten Apparat erhielt. Seine Versuche selbst ergaben, daß sich in dem trockenen leeren Raume das Thermometer langsamer erwärmte, dagegen aber schneller erkaltete, als in dem feuchten leeren Raume, oder wenn der Ballon mit Wasserdampf gefüllt war. Das erstere schreibt er dem schlechtern Brennen der Kerzen bey diesem Versuche zu; das zweyte erklärt er durch die Kraft, womit die Wasserdämpfe die mit ihnen verbundene Wärmematerie zurückhalten, wodurch die Störung des Gleichgewichts zwischen der Wärme im Thermometer, und in dem umgebenden Mittel geringer, und die Erkaltung des Thermometers langsamer werden muß. Nach Thompson's Versuchen sollte zwar die feuchte Luft die Wärme besser, als die trockene, leiten; allein Pictet bemerkt, es sey bey seinem Verfahren das Wasser, womit er die innern Wände des Apparats befeuchtete, beym Eintauchen in kochendes Wasser in Dampf verwandelt worden, und habe dann seine gebundene oder Ausdünstungswärme an der Kugel des Thermometers wieder abgesetzt; so oft dagegen der Grad der Wärme um ein Beträchtliches unter der Siedhitze gewesen

sey,

sey, träfen **Thompson's** Versuche allemahl mit den seinigen überein, und bewiesen gleichfalls, daß die feuchte Luft ein schlechterer Leiter der Wärme, als die trockene, sey. **Pictet's** übrige Versuche, welche die mit Dampf des Vitrioläthers und die mit elektrischer Materie angefüllte Leere betreffen, sind in Ansehung ihrer Resultate noch sehr ungewiß.

Herr Hofrath **Mayer** hat sich bemüht, die Theorie der wärmeleitenden Kraft in einigen Abhandlungen *) auf feste Gesetze zu bringen. Er legt hierbey zum Grunde, daß man Körper von gleicher Figur und gleicher Größe auf einerley Temperatur erwärme, und sie alsdann in demselben umgebenden Mittel um gleich viele Grade wieder erkalten lasse. Nehme man nun an, in einem Mittel von 4° Temperatur erkalten zwey Körper von 80° in der zur Einheit angenommenen Zeit (z. B. in 4 Minuten) der eine bis auf 70, und der andere bis auf 60°, so benennt er die Ausdrücke $\frac{70-4}{80-4} = 0{,}8684$, und $\frac{60-4}{80-4} = 0{,}7368$ ihre Erkältungsexponenten, weil nach **Newton** und **Lambert** die Erkältung in gleichen auf einander folgenden Zeiträumen nach einer geometrischen Progression erfolgt, deren Exponent für den ersten Körper $= 0{,}8684$, und für den zweyten $= 0{,}7368$ ist. Setzt man nun die gemeinschaftliche Temperatur zweyer Körper M und N $= Y$, die des umgebenden Mittels $= Z$. Nach der verflossenen Zeit von φ Minuten sey des Körpers M Temperatur $= y$, und des umgebenden Mittels $= z$; nach ψ Minuten des Körpers N Temperatur ebenfalls $= y$, und auch die Temperatur des umgebenden Mittels $= z$: so hat man für den ersten Körper (den Erkältungsexponenten $\frac{1}{e}$ gesetzt) $y - z = (Y - Z)\left(\frac{1}{e}\right)^{\varphi}$, und für

*) Ueber die Gesetze und Modificationen des Wärmestoffs. Erlangen, 1791. 8. S. 228. f. Ueber das wärmeleitende Vermögen der Körper, in Grens Journ. der Physik. B. III. S. 19. f. Ueber das Gesetz, welches die Leitungskräfte der Körper für die Wärme befolgen. Ebendas. B. IV. S. 22. f.

für den zweyten (den Erkältungsexponenten $\frac{1}{\varepsilon}$ genommen)
$y - z = (Y - Z)\left(\frac{1}{\varepsilon}\right)^{\psi}$, folglich;

$$\left(\frac{1}{e}\right)^{\varphi} = \left(\frac{1}{\varepsilon}\right)^{\psi}, \text{ und}$$

$$\log.\frac{1}{e} : \log.\frac{1}{\varepsilon} = \psi : \varphi, \text{ d. h.}$$

die Logarithmen der Erkältungsexponenten sind in dem verkehrten Verhältnisse der Zeiten, in welchen gedachte Körper in einer gemeinschaftlichen Temperatur Y bis zu einer andern gemeinschaftlichen y erkalten, und zwar in einerley umgebenden Mittel. Wenn also, wie hier vorausgesetzt wird, die beyden Körper M und N von gleicher Figur und gleicher Größe sind, so wird derjenige Körper ein doppelt so guter Leiter für die Wärme seyn, welcher z. B. von einer gewissen Temperatur Y zu einer andern y herabzukommen, halb so viel Zeit braucht, als der andere. d. h. **die Leitungskräfte zweyer Körper verhalten sich verkehrt wie die Zeiten, die sie brauchen, einerley Aenderung einer gemeinschaftlichen Temperatur in einerley Mittel zu erfahren.** Da nun auch die Logarithmen der Erkältungsexponenten sich verkehrt wie die Zeiten verhalten, so werden **die Leitungskräfte zweyer Körper auch in dem ordentlichen Verhältnisse der Logarithmen ihrer Erkältungsexponenten stehen.**

Hierbey wird nun als Bedingung angenommen, daß das umgebende Mittel die ihm mitgetheilte Wärme nicht aufhalte, und auf die erkaltenden Körper wieder zurückwirken lasse, ingleichen, daß die Aenderung der Temperatur des Mittels gegen die Veränderung der Temperatur der erkaltenden Körper in jedem Zeitmomente so gering als möglich sey. Nach Herrn **Mayer** erfüllt diese Bedingung am besten die Luft; daher es am schicklichsten ist, dergleichen Körper bey den Versuchen an der Luft abkühlen zu lassen, und dabey den Unterschied der Temperatur der Körper und der Luft nicht zu

groß

groß zu nehmen, damit ein allzuschnelles Erkalten nicht Ungleichheiten und Abweichungen von den Gesetzen der geometrischen Progression veranlasse. Unter diesen Voraussetzungen beweiset nun Herr Mayer dieß allgemeine Gesetz: die Leitungskräfte zweyer Substanzen (von gleicher Größe und gleicher Figur) verhalten sich verkehrt wie die Produkte aus ihren Massen (oder eigenthümlichen Gewichten) in ihre specifischen Wärmen, oder (weil das Produkt der specifischen Wärme in das specifische Gewicht die relative Wärme ausdrückt) die Leitungskräfte verhalten sich verkehrt, wie die relativen Wärmen. Hierauf zeigt nun Herr Mayer, daß so wohl Richmann's Versuche über die Metalle, als auch seine eigenen über Wasser, Quecksilber, Leinöhl und Essig mit diesem aus theoretischen Untersuchungen gefolgerten Gesetze sehr gut zusammenstimmen. Für die Leitungskraft der Wärme = 10 gesetzt, fand er die des Quecksilbers 20, des Leinöhls 18 des Essigs 10, des Eisens 23 u. s. f. Der Herr von Humboldt *) hat nach diesem Gesetze eine Tabelle für die Leitungskräfte mehrerer Körper zu berechnen gesucht.

Nach Herrn Mayer kommen die Widersprüche zwischen Richmann's und Ingenhouß's angeführten Resultaten bloß von den irrigen Schlüssen her, welche Ingenhouß aus seinen Versuchen zieht. Man muß vielmehr behaupten, daß dasjenige Metall gerade der beste Leiter für die Wärme sey, welchem bey dieser Methode die geringste Höhe des abgeschmolzenen Wachses zugehöre. Denn diese Höhe muß allemahl desto geringer seyn, je schneller der Draht die empfangene Hitze wieder an das káltere Mittel, womit er umgeben ist, abgibt d. h. je ein besserer Leiter er ist. Demnach folgt aus des D. Ingenhouß Versuchen eben so wohl, als aus den Richmannischen, daß das Bley unter allen Metallen die Wärme am besten leite.

Herr

*) Entwurf zu einer Tafel für die wärmeleitende Kraft der Körper, in Crells chem Annal. 1792. B. I. S. 423, und für die metallischen Substanzen noch richtiger abgedruckt im bergmännischen Journal von 1792. B. I. S. 120.

Herr Thompson *) bediente sich bey neuern Versuchen über die wärmeleitende Kraft der Körper folgender Methode. Er hing ein empfindliches Thermometer mit hinreichend breiter Skale in einem Glaskolben mit einer Kugel so auf, daß die Kugel des Thermometers in der Mitte der Kugel dieses Gefäßes stand; hierauf füllte er den Zwischenraum mit derjenigen Substanz, deren wärmeleitende Kraft er bestimmen wollte, zu gleicher Höhe aus, erhitzte den ganzen Apparat in kochendem Wasser bis zu einerley Temperatur, kühlte ihn hiernächst in einer kaltmachenden Mischung aus Eis und Wasser von hinreichender Masse wieder ab, und bemerkte nach einer Sekundenuhr genau die Zeit, welche verfließt, ehe das Thermometer von 70 Grad bis 10 Grad herabsinkt. Thompson gibt diesem Apparate den Nahmen des Passage-Thermometers, weil er bloß bestimmt ist, den Durchgang der Wärme durch die Körper zu messen. Die Leitungskraft der Substanz für die Wärme steht im verkehrten Verhältnisse der gefundenen Zeit der Abkühlung; so wie das warmhaltende Vermögen im geraden Verhältnisse eben dieser Zeit.

Vorzüglich betreffen Thompson's Versuche die relativen Leitungskräfte derjenigen Substanzen für die Wärme, welche zu Kleidungsstücken gebraucht werden, und ihrer Vergleichung der Leitungskraft mit der Luft. War die Thermometerkugel bloß mit Luft umgeben, so waren zum Abkühlen von 70 bis 10 Grad des Thermometers 576 Sekunden Zeit nöthig; die Erwärmung der Luft aber erfolgt schneller, indem sie nur 473 Sek. Zeit gebraucht, um in kochendem Wasser von 10 bis 70 Grad wieder zu steigen. Bey verschiedenen andern Substanzen waren die Zeiten der Abkühlung folgende:

Rohe Seide	1248 Sek.	Feines Linnen	1032 Sek.
Schafwolle	1118 —	Bieberhaare	1296 —
Baumwolle	1046 —	Hasenhaare	1315 —
		Eiderdunen	1305 —

Hier-

*) Experim. upon Heat in Philos. Transact. Vol. LXXXII. for the year 1792. P. II. p. 48. In Grens Journal der Physik. B. VII. S. 245. f.

Hierbey kam es aber auch zugleich mit auf die Menge und Dichtigkeit der Substanzen an; ward z. B. die Thermometerkugel mit 32 Gran Eiderdunen statt 16 Gran umringt, so war die Zeit der Abkühlung 1472, und bey 64 Gran 1615 Sekunden. Außerdem hat Herr Thompson noch eine Menge Versuche über dasjenige angestellt, was hierbey auf Struktur der Substanzen und die in ihren Zwischenräumchen befindliche Luft ankommt. Die letztere hat wegen ihres Anhängens an den Haaren einen großen Einfluß auf die Verstärkung des Warmhaltens.

Ueberdieß glaubte Herr Thompson durch entscheidende Versuche gefunden zu haben, daß so wohl die kalte als heiße Luft, und heißer Dampf, so wie heiße Mischungen von Luft und Dampf, wahre Nichtleiter der Wärme sind; daß folglich der heiße Dampf, der sich von brennenden Brennmaterialien erhebt, und sogar die Flamme selbst, ein Nichtleiter der Wärme ist.

Nachher hat auch Herr Thompson durch eine große Reihe von unterhaltenden Versuchen zu zeigen sich bemüht, daß selbst das Wasser, und wahrscheinlich alle liquide Körper, und Flüssigkeiten aller Art, wahre Nichtleiter der Wärme wären *); dieß heißt nach ihm so viel, obgleich die Theile jedes Fluidums individuel, von andern Körpern Wärme annehmen oder ihnen mittheilen können, so sey doch unter diesen Theilen selbst aller Wechsel und alle Mittheilung der Wärme schlechterdings unmöglich. Die Veranlassung zu dieser Behauptung geben ihm folgende Erscheinungen: er hatte oft bemerkt, daß gewisse Speisen, besonders geschmorte Aepfel mit Mandeln untermengt außerordentlich lange heiß blieben; besonders bemerkte er aber im Jahre 1794, als er sich in Neapel aufhielt, daß, als er am Seestrande nahe bey den heißen Bädern von Baya stand, wo der Dampf aus jeder Spalte im Felsen und sogar aus dem Boden drang, er das

*) Experimental essays, political, oeconomical and philosophical. Essay VII. Lond 1797. 8. In Grens neuem Journ. der Physik. B. IV. S. 418. f.

das hervorquellende Wasser kalt fand, den Sand hingegen unterm Wasser so heiß, daß er die Hand augenblicklich zurückziehen mußte. Hier bezweifelte er zum ersten Mahle die wärmeleitende Kraft des Wassers, und beschloß, Versuche darüber anzustellen. Allein die Ausführung seines Vorsatzes blieb doch noch über ein Jahr verschoben, bis ihn eine neue, ganz unerwartete Erscheinung wieder darauf leitete. Er hatte nähmlich oft Gelegenheit gehabt, Thermometer von ungewöhnlichen Breiten der Grade zu gebrauchen, die mit verschiedenen liquiden Stoffen gefüllt waren; unter diesen hatte er ein Weingeistthermometer in eine so starke Hitze, als es ertragen konnte, gestellt. Um es nun abzukühlen, brachte er es in ein Fenster, wohin gerade die Sonne schien. Als er nun auf die ganz bloße Röhre hinsah, so bemerkte er, daß die liquide Masse in der Röhre in einer sehr schnellen Bewegung war, nach entgegengesetzten Richtungen, zu gleicher Zeit hinauf und herunter. Die kupferne Kugel am Thermometer war zwey ganzer Jahre leer gewesen, und die Stäubchen, welche sich darin gesammelt hatten, waren mit dem Weingeist vermengt, so daß ihre Bewegung eine ungemein heftige Bewegung des Weingeistes anzeigte. Als er diese Bewegung mit einem Linsenglase betrachtete, so fand er, daß der aufsteigende Strom außer der Achse und längs der obern Wand der Röhre herabging, indeß der herabsteigende die ganze untere Seite der Röhre einnahm. Als die Erkältung des Weingeistes durch Benetzung der Röhre mit Eiswasser beschleunigt wurde, so wurde auch die Geschwindigkeit des auf- und niedersteigenden Strahls merklich beschleunigt. Die Geschwindigkeit beyder Ströme nahm allmählich ab, so wie das Thermometer sich erkältete; und als es etwa die Temperatur der Stubenluft hatte, so hörte die Bewegung gänzlich auf.

Diesen Versuch wiederhohlte er mit einem ähnlichen Thermometer von denselben Dimensionen, mit Leinöhl gefüllt, und beobachtete unter denselben Umständen die nähmlichen Erscheinungen. Nun glaubte Thompson überzeugt

zu seyn, daß die Bewegung in diesen Liquidis durch diejenigen ihrer Theile veranlaßt werde, die individuell und nach einander ihre Wärme an die Seitenwand der Röhre, wie die Luft ihre Wärme an andere Körper, absetze. Als er über diesen Gegenstand aufmerksam nachdachte, so schien es ihm, daß, wenn die Liquida in der That Nichtleiter der Wärme sind, oder wenn die Wärme nur zu Folge der innern Bewegung ihrer Theilchen sich darin fortpflanze, Alles, was die Bewegung zu hindern strebe, auch die Operation selbst verzögern, und die Fortpflanzung der Wärme langsamer und schwieriger machen müsse. Um nun hier auf Gewißheit zu kommen, richtete er sich folgenden, dem vorhin angeführten ähnlichen, Apparat zu. Vorzüglich war ihm darum zu thun, zu wissen, ob die Fortpflanzung der Wärme durch Wasser gehemmt werde oder nicht, wenn man die immer durch Wechsel der Temperatur verursachte Bewegung der Theile des Wassers hindere und erschwere. Zu dem Ende ließ er eine gewisse Quantität von Wärme durch eine bestimmte Quantität reines Wasser, das in einen gewissen Raum eingeschlossen war, hindurch gehen, und bemerkte die zu dieser Operation verflossene Zeit; er wiederhohlte den Versuch mit dem nähmlichen Apparate, nur mit dem Unterschiede, daß jetzt das Wasser, durch welches die Wärme gehen sollte, mit einer geringen Menge von irgend einer zarten Substanz, z. B. Eiderdunen, vermengt war, die, ohne seine chemische Eigenschaften zu ändern, oder seine Flüssigkeit zu mindern, nur dazu diente, die Bewegung der Theile des Wassers beym Transport der Wärme zu hemmen, oder zu erschweren; in dem Falle, daß die Wärme wirklich auf solche Art transportirt oder fortgeführt, und nicht frey durch die Liquida treten könne. Der Körper, welcher die Wärme aufnahm, und zugleich dazu diente, die Menge der mitgetheilten Wärme zu messen, war ein großes cylindrisches Thermometer. Der Behälter ist von dünnem Kupferblech, cylindrisch, aber an beyden Enden halbkugelförmig. Sein Durchmesser beträgt 1,84 Zoll, die Länge 4,99, Inhalt 13,2099 Cubikzoll, äußere Oberfläche 28,834 Quadratzoll.

zoll. Die Dicke des Blechs beträgt 0,03 Zoll: er wiegt leer 1846 Gran, und faßt bey der Temperatur von 55° Fahrenh. 3344 Gran Wasser. Dieser Behälter hat eine Glasröhre 24 Zoll lang und 0,4 Zoll im Durchmesser, die durch einen Kork in eine cylindrische Röhre von Kupfer, die 1 Zoll lang und 0,56 im Durchmesser ist, und noch zu dem metallischen Behälter gehört, befestiget ist. Dieses mit Leinöhl gefüllte und mit graduirter Skale versehene Thermometer wurde in der Axe eines hohlen aus dünnem Messingbleche verfertigten, 11½ Zoll langen und 2,3535 Zoll weiten Cylinders befestiget. Dieser Cylinder ist an dem einen Ende offen, an dem andern mit einem halbkugelförmigen, nach außen convexen, Boden geschlossen. Er wiegt 2261 Gran, und das Blech hat 0,0128 Zoll Dicke. Der Behälter des Thermometers wurde in dem untern Theile dieser messingenen cylindrischen Röhre gestellt. Um ihn in der Mitte derselben zu erhalten, wurde er von drey hölzernen Pflöckchen, die ¼ Zoll Länge und etwa 0,1 Zoll im Durchmesser hatten, und die in eben so vielen Röhrchen von Messingblech befestiget waren, gehalten.

Das obere Ende des Thermometerbehältnisses wird in seiner Lage, oder in der Achse des äußern Cylinders dadurch erhalten, daß die Röhre des Thermometers durch ein in der Mitte eines Korks, der das Ende des Cylinders verschließt, angebrachtes Loch hindurch geht. Der Boden des Thermometerbehältnisses wird durch ein ähnliches hölzernes Pflöckchen in einer Entfernung vom Boden des messingenen Cylinders von ¼ Zoll und darüber getragen. Auf solche Art bleibt auf jeder Seite des Thermometers ein leerer Raum zwischen dem Gefäße des Thermometers und der innern Oberfläche des großen Cylinders, in welchem dieses eingeschlossen ist. Die Entfernung der äußern Oberfläche des Gefäßes des Thermometers und der innern Oberfläche des desselben umgebenden Cylinders ist 0,25175 Zoll. Dieser Raum dient dazu, das Wasser oder jede andere Substanz aufzunehmen, durch welche die Wärme in das Thermometer oder aus demselben

gehen soll. Die Quantität der Wärme wird durch die Höhe der Flüssigkeit im Thermometer angezeigt. Die nöthige Menge Wassers, um diesen Raum zu füllen, und noch das obere Ende des Thermometergefäßes ¼ Zoll hoch zu bedecken, wog 2468 Gran.

Nachdem nun das Thermometergefäß mit Wasser oder einem andern Liquidum, dessen wärmeleitende Kraft erforscht werden soll, umgeben ist, so wird ein rundes Stück Kork von etwas kleinerm Durchmesser als der messingene Cylinder ist, etwa ½ Zoll dick, mit einem Loch in der Mitte, durch welches die Thermometerröhre frey durchgehen kann, in den messingenen Cylinder hinabgelassen, doch nicht ganz tief, um die Oberfläche des Wassers oder der andern darin enthaltenen Substanz berühren zu können. Diese Korkscheibe wird an ihrem Orte durch drey hervorragende messingene Stifte erhalten, die auf die äußere Seite des metallenen Halses des Thermometergefäßes gelöthet sind. Hiernächst wird nun der obere Theil des hohlen messingenen Cylinders mit Eiderdunen gefüllt, und mit einem Korkstöpsel verschlossen, in dessen Mitte ein Loch angebracht ist, durch welches die Thermometerröhre hervorstehet. Da die ganze Skale des Thermometers vom Gefrierpunkte bis zum Siedpunkte nach oberhalb dieses Deckels ist, so kann jede Veränderung der Wärme, welcher das Instrument ausgesetzt ist, zu jeder Zeit beobachtet werden, ohne einen Theil des Apparats in Unordnung zu bringen. Uebrigens ist das Thermometer nach Fahrenheit's Skale eingerichtet.

Mit diesem so genannten Passagethermometer wurden die Versuche auf folgende Art angestellt. Nachdem Alles, wie zuvor angegeben worden, eingerichtet war, wurde der Apparat in schmelzendes Eis gestellt, bis das Thermometer auf 32 Grad fiel; dann nahm Thompson denselben heraus, und tauchte ihn augenblicklich in ein groß Gefäß voll kochenden Wassers. Die wärmeleitende Kraft der Substanz, welche der Gegenstand dieses Versuchs war, wurde durch die Zeit bestimmt, welche die Wärme gebrauchte, um durch

dieselbe

dieselbe in das Thermometer zu treten. Diese Zeit wurde sorgfältig bemerkt, wenn das Thermometer zum 40sten Grade kam, und eben so, wenn es immer um 20 Grade stieg.

Je langsamer nun die Wärme in einem Medium sich bewegt oder fortgeführt wird, desto längere Zeit ist für eine gewisse Quantität derselben erforderlich, um durch dasselbe zu gehen, und da das Thermometer die Veränderungen in der Temperatur des erhitzten oder abgekühlten Körpers anzeigt, nähmlich des Liquidums, womit das Thermometer gefüllt ist, nach Maßgabe des Durchganges der Wärme durch das Medium, womit das Thermometer umgeben ist, so wird auch die wärmeleitende Kraft dieses Mediums durch die Geschwindigkeit des Steigens und Fallens des Thermometers angegeben, wenn das Instrument, nachdem es zuvor zu einer gewissen Temperatur gebracht worden ist, plötzlich in ein anderes Medium von einer andern gegebenen bleibenden Temperatur gebracht wird.

Zuerst wog er nun von den oben angeführten geschmorten Aepfeln 960 Gran ab, und fand durch eine Rechnung, daß der in selbigen enthaltene faserige Theil nicht mehr als $18\frac{7}{16}$ Gran wog, mithin noch weniger als $\frac{1}{50}$ der ganzen Masse betrug, so daß nach seiner Meinung der Rest, der mehr als $\frac{49}{50}$ des Ganzen ausmachte, fast nichts als Wasser sey. War nun das Thermometer mit solchen geschmorten Aepfeln umgeben, so fand er die Zeit, welche nöthig war, damit das Thermometer von 80° bis 160° stieg, in Mittelzahlen 335 Sekunden; da im Gegentheil, wenn das Thermometer bloß mit Wasser umgeben war, nur 172 Sekunden verflossen, um ebenfalls das Thermometer von 80° bis 160° steigen zu bringen. Bey Abkühlungen von 160° bis 80° in geschmorten Aepfeln verflossen 520 Sekund. und im Wasser 377 Sekund.

Aus diesen Versuchen glaubte nun Thompson entscheidend diese wichtige Thatsache bewiesen zu haben: daß eine geringe Quantität gewisser Substanzen mit Wasser vermischt, sehr stark die wärmeleitende Kraft dieses Fluidums zu schwächen vermag.

Wenn wir also annehmen, daß die Wärme im Wasser eben so wie in der Luft und andern elastischen Flüssigkeiten fortgepflanzt, nähmlich, daß sie durch seine Theilchen transportirt wird, daß diese Theilchen durch den Wechsel des specifischen Gewichts bey Veränderung der Temperatur in Bewegung gesetzt werden, und daß überhaupt keine Mittheilung oder kein Wechsel ihrer Wärme zwischen den Theilen eines und desselben Fluidums Statt findet; so ist offenbar, daß die Fortpflanzung der Wärme in einem Fluidum auf zweyerley Art gehemmt werden kann, einmahl dadurch, daß wir seine Flüssigkeit vermindern, welches durch Auflösung irgend einer schleimigen Substanz darin geschieht, und dann auf eine noch weit einfachere Weise dadurch, daß wir die Bewegung seiner Theilchen während der Operation des Transports der Wärme erschweren und verhindern, welches dadurch erhalten wird, daß man irgend einen festen Körper, der ein Nichtleiter der Wärme seyn muß, in kleinen Massen, oder von großer Oberfläche im Verhältnisse gegen seine Dichtigkeit, mit dem Fluidum vermengt.

Noch andere Versuche, bey welchen er Stärke mit Wasser und Eiderdunen mit Wasser vermischt hatte, schienen ihm auf die entscheidendste Art zu beweisen, daß die Wärme im Wasser nur zu Folge der innern Bewegung desselben fortgepflanzt, oder daß sie von den Theilchen des Liquidums transportirt oder fortgeführt wird, und sich nicht, wie man gewöhnlich glaubt, darin ausbreitet oder expandirt.

Herr Thompson hat noch weit mehrere Versuche zur Bestärkung seiner Meinung, daß alle Liquida wahre Nichtleiter der Wärme sind, mit Eisscheibchen angestellt, welche er unter mancherley Vorrichtungen unter Wasser brachte, und besonders darauf aufmerksam war, wo und auf welche Art sie schmelzten.

Gegen die Versuche des Herrn Thompson hat schon Herr Gren *) einige nicht unwichtige Zweifel erhoben, und die Schlüsse, welche er daraus gezogen, keines Weges als

*) Neues Journal der Physik. B. IV. S. 451 f.

als richtig anerkannt. Es sey, sagt Gren, Thatsache, daß feste Substanzen bey dem Uebergange in den Zustand der tropfbaren Flüssigkeit, und daß tropfbar flüssige bey ihrem Uebergange zur elastischen Flüssigkeit Wärme latent machen oder Wärmestoff verschlucken, daß folglich die Quantität der Wärme, die zum Schmelzen der festen, oder zum Verdunsten der festen oder liquiden Substanzen verwendet wird, keine Temperaturerhöhung zu Wege bringen könne. Es ist also auch unläugbar, daß die Wärme, welche von einem erhitzten Körper an eine schmelzbare oder verdunstbare Materie tritt, und sie zum Schmelzen oder Verdunsten bringt, alsdann fürs Gefühl oder Thermometer so gut wie verloren gehe; so lange sie latent bleibt, nicht wieder so zu sagen zurückgeworfen werde, und keinen gegenseitigen Wechsel oder keine mittlere Temperatur hervorbringe. Wenn also ein solcher schmelzbarer oder verdunstbarer Stoff um einen erhitzten Körper herum eine Hülle bildet, so geräth die von diesem austretende Wärmematerie gewisser Maßen in einen Schlund, aus dem sie nicht wieder heraustritt, und es muß da nothwendiger Weise die Abkühlung des erhitzten Körpers bey übrigens gleichen Umständen schneller erfolgen, als wenn er mit einer Hülle umgeben ist, die selbst eine Temperaturerhöhung erleidet, und wo der Verlust der Wärme des darin eingeschlossenen erhitzten Körpers nur die Differenz des gegenseitigen Wechsels ihrer beyderseitigen Wärmetheile ist. Schmelzbare und verdunstbare Substanzen sind also hiernach bessere Leiter der Wärme, als nicht schmelzbare und fixe. Aus eben dem Grunde sind Holzkohlen, Federn, Haare, Wolle, Holz, Stroh, schlechte Leiter für die Wärme, schmelzendes Eis, Wasser, Weingeist u. s. w. gute und bessere Leiter. Die wärmeleitende Kraft besteht also hauptsächlich in dem Vermögen derselben, freye Wärme zur latenten zu machen.

Die Wärmematerie kann als Materie andere Substanzen nicht mechanisch durchdringen, eben weil auch sie undurchdringlich seyn muß; nur durch Anziehung anderer Stoffe

dagegen kann sie diese durchdringen. Die Fortpflanzung der Wärme in andern Materien selbst, in so fern diese mit Stetigkeit ihren Raum erfüllen, kann also nicht anders geschehen, als daß die Wärmetheile davon angezogen werden; und daher glaubte Gren, der damahls die dynamische Lehre angenommen hatte, daß auch die Wärmetheilchen, welche Rarefaction hervorbringen, thermometrisch wirken, ebenfalls latent werden; nur daß freylich diese Wärmetheilchen, weil sie auch nicht chemisch gebunden sind, durch jeden Körper von niedrigerer Temperatur stärker angezogen werden, und sich dann wieder in diesen thermoskopisch zeigen, oder Rarefaction zu Wege bringen.

Wenn endlich die Theile einer Materie Verschiebbarkeit in einem hohen Grade besitzen, wie die aller flüssigen Stoffe, so müssen nach hydrostatischen Gesetzen die erwärmten und deßhalb im Volum zugenannten Schichten in den kältern, und daher specifisch schwerern, aufsteigen, eben weil die Fortpflanzung der Wärme in dem Raume der ganzen Masse, die aus dem vorhin angeführten Grunde durch Anziehung der Materie in diesem Raume geschiehet, nicht momentan seyn kann. Allerdings muß daher die Abkühlung eines erhitzten Körpers in einem Medium, dessen Theile durch die Temperaturveränderung in Bewegung gesetzt werden, anders erfolgen, als wenn diese unbewegt an ihrer Stelle blieben; und die wärmeleitende Kraft der flüssigen Mittel muß aus dieser Ursache größer seyn, als sie seyn würde, wenn ihre Theile durch die Wärme nicht in Bewegung gesetzt würden.

Gegen eben diese Behauptung des Herrn Thompson, daß die wärmeleitende Kraft flüssiger Körper vermindert wird, wenn die Bewegung ihrer Theile gehemmt wird, kann nach Herrn Gren's Meinung wohl kein Zweifel Statt finden; allein darin scheint ersterer nach des letztern Urtheile so weit zu gehen, daß die flüssigen Substanzen an sich wirkliche Nichtleiter der Wärme wären, und nur zu Folge der Bewegung ihrer Theile die zugeführte Wärme fortführten; ja, daß unter den individuellen Theilen flüssiger Körper kein gegensei-

genseitiger Wechsel ihrer Wärmetheilchen Statt finde. Denn da die Theile flüssiger Substanzen Temperaturveränderungen erleiden, so müssen sie auch Wärmestoff empfangen und mittheilen können, und folglich muß auch die Wärme in ihnen selbst und durch sich selbst fortpflanzen, wie in jeder Materie. Herr Gren fragt, was heißen individuelle Theile des Wassers? In einem Liquidum, das seinen Raum mit Stetigkeit erfüllt, könne man keinen Theil den kleinsten nennen, und es sey folglich jener Ausdruck ganz unbestimmt. Daß aber die Bewegung der Schichten, die durch die Wärme veranlaßt wird, durch die von Herrn Thompson gebrauchten Mittel wirklich gehemmt werde, wie er voraus setze, hat er nach Gren's Urtheile nicht erwiesen; sondern die Resultate seiner Versuche folgen ganz natürlich daraus, daß im Gemenge aus einer die Wärme schlechter und einer sie besser leitende Substanz die Wärme schlechter leiten müsse, als die letztere allein. Bey den Versuchen mit der Masse von geschmorten Aepfeln sey auch noch der Umstand zu erinnern, daß er die schleimigen und zuckerartigen Theile derselben ganz übersehen habe, die aus dem vorhin angeführten Grunde schlechtere Leiter wären, als reines Wasser, und über dieß durch ihre Anziehung zum Wasser die Verdunstbarkeit desselben schwächen, und also auch noch in so fern seine wärmeleitende Kraft vermindern könnten.

Zuletzt bemerkt Herr Gren noch, daß schmelzbare Substanzen die stärkste wärmeleitende Kraft im Akt ihres Schmelzens äußerten, und daher bey niedrigern Temperaturen, die nicht zu ihrem Schmelzen hinreichten, schlechtere Leiter der Wärme seyn könnten. So ist es z. B. mit dem Schnee, der für Temperaturen unter dem Gefrierpunkte ein schlechter Leiter der Wärme, für die über dem Gefrierpunkte hingegen ein sehr starker ist. Eben so sind auch geschmolzene Substanzen im Akt ihres Erstarrens oder Gerinnens schlechte Leiter der Wärme, wie gestehender Talg, Wachs u. s. w. beweisen.

Außer Herrn Gren hat auch Herr de Lüc, einer von den eifrigsten Vertheidigern der atomistischen Physik, gegen

Thompson's Behauptung, daß das Wasser ein wahrer Nichtleiter der Wärme sey, verschiedene Einwendungen gemacht *). Nach seiner Meinung kann Thompson's Behauptung mit keiner der bekannten Theorien über die Wärme bestehen. Denn wenn man einen Wärmestoff als Ursache der Wärme annehme, so müsse man sich die einzelnen Theilchen einer Flüssigkeit entweder als einfach, d. i. als wahre Elemente, oder als aus einfachen, chemisch verwandten Elementen zusammengesetzt denken. Im erstern Falle könnten sie von der wärmeerzeugenden Flüssigkeit nicht durchdrungen werden; im letztern würde ihre chemische Vereinigung vom durchdringenden Wärmestoffe getrennt, und folglich die Natur der Flüssigkeit vermindert werden, wie man das in mehreren Fällen beobachtet habe. Die Theilchen selbst könnten daher nicht verdünnt und ausgedehnt werden; und unsere Begriffe von Wärme paßten nur auf ein Aggregat derselben, nicht auf sie einzeln. Indem der Wärmestoff sich zwischen ihnen mit großer Heftigkeit bewege, treibe er sie aus einander, und diese Ausdehnung des Körpers geschehe, ohne daß der Wärmestoff sich chemisch mit dem Körper vereinigte. Sey dieß, so höre er vielmehr auf, sich als freye Wärme zu äußern. Die Dichtigkeit desselben im freyen Zustande bestimme die Temperatur oder den Wärmegrad jedes Körpers, der aber auch von der Natur des Körpers abhange. Jede Substanz, feste, flüssige, luftförmige sey für den so feinen Wärmestoff durchdringbar, und so könne es unter ihnen keinen Nichtleiter geben. (Dieß Letztere sollte aber eigentlich erst bewiesen werden).

Dasselbe folge aus der Theorie, welche die Ursache der Wärme in die Schwingungen der Theilchen eines Körpers setze. Indem diese Schwingungen machten, dehnten sie sich nicht einzeln aus, sondern sich nur gegenseitig aus einander, wodurch nur eine Masse von Theilchen, nach Verhältniß der Stärke, womit sie schwingen, sich in einen größern Raum auszubreiten gezwungen werde. Warum sollten sich über dieß

*) Gilbert's Annalen der Physik. B. I. S. 464 f.

bloß die Schwingungen nicht eben so wohl unter den Theilen einer Flüssigkeit, als zwischen festen und flüssigen Theilchen fortpflanzen? Dieß zu läugnen, dazu berechtige uns nichts in dieser Theorie.

Aus dem Hauptversuche mit einem Instrumente, worin bey Annäherung an einen wärmern oder kältern Körper, so gleich zwey entgegengesetzte Ströme entstanden, folge für die Fortpflanzung der Wärme durch Flüssigkeiten gerade das Gegentheil von der Hypothese, welche Herr **Thompson** darauf gründe. Denn der herauf- und herabsteigende Strom, wenn ein warmer Körper dem Instrumente plötzlich genähert werde, hatten doch sicher eine meßbare Dicke. Da sie nun durch Ausdehnung der Flüssigkeit entstanden, so mußte diese bis in eine meßbare Tiefe augenblicklich bey Annäherung eines warmen Körpers ausgedehnt, also von der Wärme selbst bis zu dieser Tiefe augenblicklich durchdrungen werden. Der Grund, warum in einer Flüssigkeit diese Durchdringung nicht, wie beym festen Körper, in derselben Richtung weiter gehe, sey der Strom selbst, der im Augenblick geschehe, als die Wassertheilchen an den Seiten des Glases, beym Durchlassen der Wärme ausgedehnt, und folglich specifisch leichter würden. Diese stiegen daher in die Höhe, ehe sie ihr Uebermaß von Wärme den zur Seite liegenden Theilchen mittheilen konnten.

Da die Theile eines kalten Körpers von einem warmen Körper, in dem Grade, als sie erwärmt werden, in derselben Zeit immer weniger Wärme annehmen könnten, so müsse sich eine Flüssigkeit von unten herauf weit schneller, als von oben herab erwärmen lassen. Denn im ersten Falle stiegen die erwärmten Theilchen aufwärts, und es kämen immerfort die kältern in die Nähe des erwärmenden Körpers. Im zweyten Falle hingegen, wo keine innere Bewegung Statt finde, blieben die am stärksten erwärmten Theilchen immer zunächst an dem heißen erwärmenden Körper. Hieraus erkläre sich, warum in den Versuchen des Herrn **Thompson** eine Eisscheibe, welche überm heißen Wasser schwamm,

schwamm, so viel schneller schmolz, als eine Eisscheibe, auf der das heiße Wasser stand. Im ersten Falle sank das erkaltete Wasser beständig fort zu Boden, und das wärmste war stets mit der Eisscheibe in Berührung; im letztern Falle hingegen blieb das kältere Wasser beym Eise stehen, daher die Wärme nur sehr langsam bis zum Eise hinab zu dringen vermochte.

In der That zeigen sich auch in den Versuchen des Herrn **Thompson**, daß die Eisscheibe unter dem heißen Wasser allmählich immer mehr und mehr schmolz. Diesen Umstand erkläre indeß **Thompson** aus der merkwürdigen Eigenschaft des Wassers, daß es sich beym Erkalten von 40 bis auf 32° nach **Fahrenheit** ausdehnt, statt sich, wie andere Körper, immerfort zusammen zu ziehen. Denn da das Wasser, welches Eis berühre, immer eine Temperatur von 32 Grad habe, so müsse es, jener Eigenschaft gemäß, aufsteigen, dagegen das 40° warme hinabsinken, und dieses das Eis schmelzen.

Nach **de Lüc's** Bestimmung der sonderbaren Erscheinungen beym Erkalten des Wassers, ist dieses bey 41° nach Fahrenh. am stärksten verdichtet, und dehnt sich von dieser Temperatur bis zu 32° herab eben so sehr, als bey der Erwärmung von 41 bis 50° aus. Allein diese Ausdehnung betrage nur $\frac{1}{100}$ von der, welche das Wasser vom Frost bis zum Siedpunkt erleidet. Ueber dieß verdichtet sich das Wasser von 50 Grad herab, und von 32° heraufwärts gleich anfangs so schnell, daß es von 45 bis 35° fast gar keine Veränderung erleidet, und eine beynahe unmerkliche Verschiedenheit in der Ausdehnung hat. Schwerlich sey daher diese geringe Verschiedenheit fähig, aufsteigende und herabsteigende Ströme hervorzubringen.

Ein Thermometer, um das ringsum eine Eisschale gefroren sey, folge seinen Beobachtungen gemäß den Bewegungen eines nicht umfrornen in jeder Temperatur unter dem Frostpunkte.

Es

Es habe also Thompson, wie alle diese Gründe zeigten, seinen Satz, daß Flüssigkeiten Nichtleiter der Wärme wären, nicht erwiesen; vielmehr folge aus seinen eigenen Versuchen, daß sie so wohl, als alle andere Substanzen, von der Wärme durchdrungen wurden.

Herrn de Lüc's Gründe scheinen sich aber sehr leicht selbst durch Herrn Thompson's Hypothese widerlegen zu lassen. Allein schon Gren's Gründe sind meiner Meinung nach hinreichend, um dadurch zu beweisen, daß Thompson's Folgerungen, die er aus seinen in der That interessanten Versuchen herleitete, unstatthaft sind. Besonders führet aber noch Nicholson gegen Thompson's Behauptung diese ganz richtige Bemerkung bey, daß, wenn kein Wassertheilchen Wärme annehmen und wieder fahren lassen könne, selbst der ganze Prozeß der Fortpflanzung der Wärme durch Circulation in Flüssigkeiten unmöglich wäre; fände aber umgekehrt dieses Statt, so könne auch die Wärme von Theilchen zu Theilchen übergehen, und sich auf diese Art fortpflanzen. Es hat also Herr Thompson durch seine Versuche eigentlich nur so viel erwiesen, daß das Wasser nur ein schlechter Leiter der Wärme sey, nicht aber, Wasser sey ein vollkommener Nichtleiter der Wärme.

Uebrigens ist die Untersuchung über die wärmeleitende Kraft der verschiedenen Substanzen, wie oben schon bemerket worden, für die Künste und Handwerke ungemein nützlich und vortheilhaft. So hat z. B. Herr Watt bey seinen Verbesserungen der Dampfmaschine diese Erfahrungen mit Vortheil benutzt, indem er den eisernen Cylinder desselben mit einem hölzernen bekleidet, und den Zwischenraum mit einem schlechten Wärmeleiter, mit Kuhhaaren, ausfüllt.

Uebrigens lassen sich aus der Lehre von der wärmeleitenden Kraft der verschiedenen Körper mancherley Naturphänomene erklären. So gründet sich z. B. die Wahrnehmung, daß in Zimmern, worin durch Verbrennen von Oehl und dergleichen sich rußhaltiger Dampf bildet, an der Decke derselben mit der Zeit die Stellen, wo die Balken laufen, durch

ihre weißere Farbe erkennbar werden, auf die schlechterleitende Beschaffenheit des Holzes für Wärme. Auch läßt sich aus der verschiedenen wärmeleitenden Kraft leicht erklären, warum ein Stück Metall und ein Stück Holz, beyde von gleicher, aber niedrigerer Temperatur als unser Körper, sich nicht gleichförmig kalt beym Anfühlen zeigen.

Die erste und allgemein bekannte Wirkung der Wärme ist die Ausdehnung der Körper durch selbige in einen größern Raum. Unzählige Versuche bestätigen dieß. So schwillt eine mit Luft zum Theil angefüllte schlaffe Blase über einem Kohlenfeuer auf; hohle Kugeln, welche im kalten Brannteweln schwimmen, sinken im erwärmten Weingeist; Quecksilber steigt in gläsernen Röhren höher, wenn diese erwärmt werden. Wachskugeln sinken im heißen Wasser unter, da sie im Gegentheil im kalten schwimmen; eine eiserne Stange geht nach dem Glühendwerden nicht mehr durch einen Ring, durch den sie in der Kälte geht; ein Eisendraht verlängert sich beym Glühendwerden u. s. f.

Die Größe der Ausdehnung der Körper durch die Wärme bey gleichem Volumen derselben und bey gleicher Intensität der mitgetheilten Wärme richtet sich nicht nach einem bekannten Gesetze. Im Allgemeinen dehnen sich elastische Flüssigkeiten stärker und schneller aus, als tropfbar flüssige; diese stärker und schneller als feste Körper. Werkzeuge, um die Ausdehnung fester Körper bey bekannten Temperaturen zu messen, sind unter dem Artikel, Pyrometer, beschrieben worden, so wie auch daselbst Versuche über die Ausdehnungsverhältnisse des Glases und der Metalle angegeben sind.

Diese Wirkung der Wärme, welche in der Ausdehnung der Körper in einen größern Raum besteht, hat die Veranlassung gegeben, gewisse Substanzen zur Bestimmung der Ab- und Zunahme der Quantität oder Intensität der die Wärme hervorbringenden Ursache zu gebrauchen. M. s. Thermometer. Zu dieser Absicht dienen vorzüglich die elastisch flüssigen und tropfbar flüssigen Körper, weil gerade diese von der Wärme am schnellsten und stärksten ausgedehnt werden.

den. Indessen sind nicht alle Flüssigkeiten zum Maße der Wärme gleich gut brauchbar. Will man bey Bestimmung der Wärmegrade auch eine der Intensität der Wärme proportionirte Ausdehnung der Flüssigkeit haben, so scheint hierzu nach de Lüc's Versuchen das Quecksilber vorzüglich geschickt zu seyn. M. s. Thermometer. Bey andern Flüssigkeiten ist es noch nicht untersucht, ob ihre Ausdehnung der Intensität der Wärme proportional sey. Ueberhaupt besitzen wir über die Ausdehnung tropfbar flüssiger Körper in der Wärme erst wenig zuverlässige Beobachtungen, welche lehren, daß die Ausbreitung verschiedener tropfbar flüssigen Substanzen sehr verschieden durch gleiche Grade von Wärme ausfalle; und daß alle Angaben über die Größe der Ausdehnung durch eine gewisse Anzahl von Graden sehr unzuverlässig sind, wenn nicht genau bestimmt ist, bey welchem Grade der Wärme sie gefunden worden sind. Nach Herrn Schmidt's *) Versuchen nimmt der körperliche Inhalt, wenn man ihn bey 15° Reaum. = 1 setzt, durch die Zunahme der Wärme von 30 Gr. Reaum. oder von 15° bis 45° Reaum. zu

bey Wasser — —	um	0,01328
— Weingeist (specif. Gewicht 0,827)	—	0,03973
— Terpentinöhl —	—	0,03708
— Baumöhl — —	—	0,03019
— alkalische Lauge (4 Th. Wass. 1 Theil Salz)	—	0,01512
— Salzwasser (4 Th. Wass. 1 Th. Salz)	—	0,01515
— doppeltes Scheidewasser (spec. Gew. 1,170)	—	0,02460
— Vitriolöhl (spec. Gew. 1,893)	—	0,02340

Aus der Ausdehnung der tropfbar flüssigen Körper durch verschiedene Wärmegrade erhellet die Nothwendigkeit, bey der Bestimmung der eigenthümlichen Gewichte derselben eine gewisse Normaltemperatur festzusetzen. M. s. Schwere, specifische.

Uebrigens kann die Ausdehnung der Körper durch die Wärme nicht länger Statt finden, als wirklich freye Wärme vorhanden ist. So bald diese durch irgend eine Art unwirksam

*) Gren's neues Journ. der Phys. B. I. S. 236 f.

sam gemacht wird, so zieht sich der Körper in seinen vorigen kleinen Raum wieder zurück. Mithin werden alle Körper durch das Entweichen der freyen Wärme in einen kleinern Raum gebracht oder verdichtet.

Alle uns bekannte Körper können nur bis auf einen gewissen Grad erhitzt und ausgedehnt werden, welcher bey verschiedenen Körpern verschieden ist; alsdann erleiden sie eine Aenderung ihrer Form. Feste Körper werden vornähmlich in den Zustand der Flüssigkeit versetzt. M. s. **Schmelzung.** Wird ihnen aber diese Wärme die sie zum Zustande der Flüssigkeit nöthig hatten, entzogen, so werden sie wieder fest. M. s. **Gestehen.** Ueberhaupt bringt eine hinreichende Kälte alle flüssige Körper in den Zustand der Festigkeit. M. s. **Gefrieren.** Man kann daher mit Recht sagen, daß die Wärme das allgemeine Princip der Flüssigkeit sey.

Eine besonders merkwürdige Veränderung der Form, welche viel feste und flüssige Körper (wahrscheinlich alle Körper,) bey einem hinreichenden Grade der Hitze erleiden, ist diese, daß sie in elastischen Dampf verwandelt werden. Man nennt diesen Vorgang die **Verdampfung** oder **Verflüchtigung** der Körper. Bey flüssigen Körpern werden diese Dämpfe so schnell entwickelt, daß sie mit Geräusch aus dem Innern des Flüssigen durch die Oberfläche desselben hervorbrechen, und dadurch ein starkes Aufwallen verursachen M. s. **Sieden.** Die Wärme wirkt bey der Dampfbildung bloß mechanisch; denn so bald sie den Dämpfen entweder durch Kälte oder Druck entzogen wird, so verwandeln sie sich wieder in die vorige tropfbar flüssige oder feste Materie. M. s. **Verdichtung.**

Eine andere merkwürdige Wirkung der Wärme ist diese, daß sie endlich verschiedene Substanzen in **permanent-elastische Materien, Gasarten** oder **Luftarten** verwandelt, welche unsichtbar sind, und durch Kälte und Zusammendrückung nicht wieder in tropfbar flüssige oder feste Körper zurückgebracht werden können, worin sie sich von den eigentlichen Dämpfen unterscheiden. Ohne Zweifel ist die

Wärme mit den Luftarten chemisch gebunden; daher sie auch nicht anders zersetzt werden können, als wenn eine Substanz mit der Basis der Luft eine nähere chemische Verwandschaft hat, als die Basis mit der Wärme. Uebrigens besitzen alle Gasarten dieselben mechanischen Eigenschaften, wie die atmosphärische Luft.

Wenn eine Masse gestoßenes Eis oder auch Schnee in einem Gefäße so kalt ist, daß ein hineingestelltes Thermometer ungefähr 10 Grade zeigt, hiernächst solches in ein warmes Zimmer gebracht wird, so daß die erkaltete Masse beständig einem gleichförmigen Wärmestrome ausgesetzt ist, so wird nun das Thermometer bis 32 Grad Fahrenh. steigen, alsdann aber still stehen, wenn gleich die kalte Masse ein und demselben Wärmestrome ausgesetzt ist. Die Temperatur des Eises steigt nicht höher, so viel Wärme ihm auch zugeführt wird; aber es schmelzt nach und nach, und erst alsdann, wenn dieß geschehen, so kommt endlich das Thermometer zum Siedpunkt, wenn das Wasser zum Sieden gekommen ist; hier bleibt es aber wieder stehen, und steigt nicht höher, so viel Wärme auch dem Wasser zugeführt wird, wenn nur das Wasser das Thermometer umgibt. Diese Erfahrung beweiset also, daß die auf das Eis wirkende Wärme eben so wenig die Temperatur des Eises über den Gefrierpunkt erhöhet, als die auf das Wasser wirkende es über den Siedpunkt erhitzen kann. Es schränkt sich also die Wirkung der Wärme auf das Eis darauf ein, die Form desselben zu ändern, und es in tropfbar flüssiges Wasser zu verwandeln, so wie die Wirkung derselben auf das tropfbar flüssige Wasser bey der Siedhitze ebenfalls darauf sich einschränkt, es in Dampf aufzulösen. So lange diese Verwandlung dauert, bleibt das Thermometer im ersten Falle auf dem Gefrierpunkte, im andern auf dem Siedpunkte unverändert stehen. Da also die dem schmelzenden Eise oder dem siedenden Wasser mitgetheilte Wärme keine höhere Temperatur, keine vermehrte Wirkung auf unser Gefühl oder aufs Thermometer darin hervorbringt, sondern ihre

thermometrische und erwärmende Kraft gänzlich verliert, daß sie das feste Wasser in tropfbar flüssiges, oder dieses im Dampf verwandelt, so nennt man sie dieserwegen **unmerkbare, verborgene, fixirte Wärme.** Die Menge von Wärmetheilchen nähmlich, welche zur Veränderung des Eises in liquides, oder des liquiden in dampfförmiges verwendet werden muß, muß für das Thermometer und das Gefühl verloren gehen; sie kömmt aber auch wieder als freye Wärme zum Vorschein, wenn das dampfförmige Wasser zum tropfbar flüssigen, oder das flüssige Wasser zum Gefrieren gebracht wird. Uebrigens hat man aber den **adhärirend gebundenen**, und **chemisch gebundenen Wärmestoff** zu unterscheiden; jener findet sich bey der Schmelzung fester Substanzen und bey der Verwandlung in Dampf, der letztere aber bey der Bildung der Luftarten. Den erstern kann jeder Körper von einer niedrigern Temperatur entziehen, den letztern hingegen nicht.

Herr **Pictet** und Herr **Prevost** unterscheiden noch den strahlenden Wärmestoff von dem durch die Materien **fortgepflanzten** (feu propagé des **Pictet**, oder feu géné des **Prevost**,), und betrachten bloß jenen als freyen und diesen als unmerkbaren oder fixirten Wärmestoff. Dagegen will aber **Gren** diesen Unterschied nicht zulassen, weil wir den Wärmestoff nur frey nennen, welcher auf die thermoskopische Substanz wirkt.

Diejenige Wärme, welche bey der Bildung liquider oder elastisch flüssiger Körper gebunden wird, muß natürlich wieder als freye oder empfindbare Wärme zum Vorschein kommen, und eine Erhöhung der Temperatur zu Wege bringen, wenn elastisch flüssige Körper wieder zu tropfbar flüssigen oder festen, oder tropfbar flüssige wieder zu festen werden; so wie hingegen eine Erniedrigung der Temperatur oder Kälte entstehen muß, wenn feste Körper bey ihrem Schmelzen, oder feste und liquide bey ihrem Uebergange zu elastisch flüssigen Materien den berührenden Stoffen den dazu nöthigen Wärmestoff

meſtoff entziehen. Herr Gren hat dieß auf folgende allgemeine Geſetze zurückzubringen geſucht.

I. **Der freye Wärmeſtoff wird zum unmerkbaren in Körpern, die aus dem Zuſtande der Feſtigkeit in den der Flüſſigkeit übergehen.**

Im Winter von 1754. bis 1755. ließ Herr **de Lüc** *) Waſſer in Trinkgläſern gefrieren, in welche er Thermometer geſtellt hatte, deren Kugeln folglich mit Eiſe umgeben wurden. Nachdem er nachher dieſen kleinen Apparat ans Feuer brachte, ſo ſtiegen die Thermometer bis zum Augenblicke des Schmelzens des Eiſes. Alle übrige Wärme ward hernach zum Schmelzen des Eiſes verwendet, mithin von dieſem verſchluckt, ohne auf die Thermometer wirken zu können. Beynahe zu gleicher Zeit machte Dr. **Black** zu Edinburgh dieſe Erfindung, welche er ſchon im Jahre 1757., ohne ſie jedoch öffentlich bekannt zu machen, in ſeinen Vorleſungen vortrug; er beſtimmte nähmlich durch einen Verſuch, den nachher **Crawford** angeführt hat, daß eine Eismaſſe von 32° Fahrenh. mit einer gleichen Maſſe Waſſer von 172° vermiſcht ganz ſchmelze, und die Miſchung doch nur die Temperatur von 32° behalte, daß mithin 140° Wärme bloß aufs Schmelzen verwendet, und im flüſſigen Waſſer gebunden werden.

Lange Zeit blieben dieſe Entdeckungen unbemerkt, bis endlich im Jahre 1772. Herr **Wilke**, ohne von den angeführten Wahrnehmungen etwas gewußt zu haben, daſſelbe fand, und es zugleich mit der Erklärung bekannt machte β). Die Wärme, welche beym Schmelzen des Schnees latent gemacht wird, beſtimmte er auf 72 Grad der ſchwediſchen Skale (faſt 130° nach Fahrenh.), mithin um etwas weniges geringer als nach **Black's** Verſuchen. Er ſagt, dieſe 72 Grade werden zum Schmelzen des Schnees verwendet, nachher verhält ſich geſchmolzenes Eis und Schnee wie eiskaltes

 Waſſer,

*) Unterſuch. über die Atmoſph. Th. I. §. 438. a — g. deſſen Neue Ideen über die Meteorologie. §. 179.

β) Schwediſche Abhandl. 1772. B. XXXIV. S. 93. neue Schwed. Abhandl. 1782. Th. II.

Wasser, und verstattet der übrigen Wärme, sich gleichförmig durch die ganze Masse zu vertheilen.

Bedeuten also M und m die Massen des Wassers und des Schnees, und T und t die Temperaturen dieser beyden Massen, wo $t = 0$, so hat die Mischung nicht, wie Richmanns oben angeführte Formel erforderte, $\frac{MT}{M+m}$, sondern $\frac{MT - 72m}{M+m}$ Temperatur an der schwedischen Skale. Wenn $MT = 72m$, so wird die Temperatur $= 0$, und die ganze Mischung bleibt eiskalt. Da nun M an der atmosphärischen Luft nicht größer, als die Siedhitze oder 100 Grade werden kann, so kann auch in diesem Falle m nicht größer als $\frac{100 M}{72}$ oder $1\frac{7}{18}$ M werden, d. h., selbst siedendes Wasser kann ungefähr nur $1\frac{1}{3}$ so viel Schnee, als sein Gewicht ausmacht, schmelzen. Wäre aber $MT < 72m$, so hat die Formel gar keine Gültigkeit mehr. Es wird nicht die Temperatur negativ, oder das Wasser zum Gefrieren gebracht, wie man vermuthen könnte, sondern es schmelzt bloß ein Theil von Schnee, welcher am Gewichte $\frac{MT}{72}$ beträgt, der übrige Theil bleibt ungeschmolzen, und die ganze Masse kommt auf die Temperatur $= 0$. Dieß beweiset also überzeugend, daß nur so viel Wärme verloren geht, als auf die Schmelzung des Schnees verwendet wird.

Dieß Nähmliche zeigte sich auch, wenn gleich Wasser und Schnee nicht unmittelbar vermischt, sondern nur blecherne Büchsen, eine mit eiskaltem Wasser, die andere mit Schnee, in welchen Thermometer standen, in siedendes Wasser gebracht wurden. So bald das Thermometer in der Büchse mit Wasser 72 Grade erreicht hatte, ward die Schneebüchse herausgezogen; das Thermometer zeigte in ihr noch 2 Grade, es fiel aber, als der Schnee völlig geschmolzen war, bis auf 0, wo es stehen blieb.

Uebri.

Uebrigens darf man sich nicht wundern, daß **Wilke** den Grad der latenten Wärme etwas geringer, als Dr. **Black** ansetzt, weil vorzüglich dem zerstoßenen Eise oder dem Schnee immer schon eine gewisse Menge Wasser beygemischt ist, welche mit gewogen wird, ohne Wärme zu binden oder zum Verlust der Wärme beyzutragen. Auch haben **Lavoisier** und **la Place** weniger als Dr. **Black** gefunden, und nach den Versuchen des **de Lüc** und **de Watt** war das mittlere Resultat nicht sehr von dem Black'schen verschieden.

Eben daher ist auch die Erkältung bey der Auflösung krystallinischer Salze im Wasser oder andern tropfbaren Flüssigkeiten herzuleiten. Denn so bald das Salz im Wasser sich aufzulösen anfängt, so fängt auch ein hineingestelltes Thermometer so gleich zu sinken an, und zwar um desto schneller, je schneller das Salz aufgelöset wird. Uebrigens hat Dr. **Blagden** *) sehr schön gezeigt, daß die größte Kälte Statt findet, welche durch jedes Salz mit Eis oder Schnee beym Schmelzen hervorgebracht werden kann, diejenige sey, bey welcher eine gesättigte Auflösung eben dieses Salzes gefrieret; denn alsdann fällt die Ursache der Erkältung weg.

II. **Der unmerkbar gewordene Wärmestoff wird wieder zum freyen und empfindbaren in Körpern, die aus dem Zustande der tropfbaren Flüssigkeit in den der Festigkeit übergehen, oder die überhaupt sich mehr verdichten.**

Dieß Gesetz ist das verkehrte des vorhergehenden, mithin eine ganz natürliche Folge davon. Diejenigen Körper, welche bey ihrer Schmelzung Wärmestoff gebunden haben, müssen beym Gestehen denselben nothwendig wieder fahren lassen, und folglich eine Temperaturerhöhung zu Wege bringen. Wenn daher das Wasser gefriert, so entbindet sich daraus die Wärme, welche zum Flüssigseyn des Wassers nöthig wäre. Bey dem allmählichen Gefrieren läßt sich freylich wegen der in jedem Augenblicke nur unmerklich entwik-

*) Philos. Trans. Vol LXXVIII. P. II. u. Gren's Journ. der Physik. B. I. S. 395 f.

kelten Wärme diese nicht durchs Gefühl und Thermometer wahrnehmen; allein in dieser freywerdenden Wärme ist der Grund zu suchen, warum das Wasser beym Gefrierpunkte der Luft nicht plötzlich und durchaus gefriert, und warum das bey einer stärkern Kälte gefrierende Wasser doch 32° Fahr. so lange behält bis es durchaus gefroren ist. Auch erklärt sich aus diesem Gesetze, warum Wasser, das durch Bedeckung mit Oehl und Ruhigstehen, ohne zu gefrieren, bis unter den Gefrierpunkt erkaltet ist, wenn es nun durch Schütteln oder Erschüttern, oder Umrühren zum Gefrieren gebracht wird, ein darein gestelltes Thermometer bis 32° erhebt. M. s. **Eis.** Diese Entbindung der Wärme beym Gefrieren bestärigte Dr **Black** noch durch folgenden Versuch. Ein Pfund Wasser von 32 Grad und 1 Pfund Schnee von 4° nach Fahrenh. sollten vermöge der Regel eine Mischung von 18 Grad geben, welche mithin durchaus gefroren wäre. Allein es gefriert nur $\frac{1}{5}$ des Wassers, und das ganze Gemisch kommt auf 32°. Es werden nähmlich aus dem gefrierenden $\frac{1}{5}$ Pfund Wasser 140 Grade Wärme frey, welche die Temperatur von 1 Pfund Schnee um $\frac{140}{5} = 28$ Grade erhöhen, also von 4 auf 32° bringen.

Aus diesem Gesetz erklärt sich ferner: 1) warum Auflösungen von Salzen, welche nach dem Abrauchen in der Hitze krystallisirungsfähig geworden sind, weit später erkalten, als eben so stark erhitztes Wasser von eben dem Gewichte oder eben dem Umfange, wenn sie beyde unter gleichen Umständen in ein kälteres Medium gesetzt werden; 2) warum eine gesättigte Auflösung von Glaubersalz, welche bey der vollkommenen Ruhe in einem verstopften Glase erkaltet, ohne sich zu krystallisiren, im Augenblicke des Krystallisirens beym Schütteln sich erhitzt; 3) warum zerfallenes Glaubersalz, Bittersalz, Mineralalkali, gebrannter Alaun, gebrannter Borax u. d. gl. bey der Mischung mit Wasser von eben der Temperatur Erhitzung zu Wege bringen; da eben diese Salze im krystallinischen Zustande Erkältung bewirken. Im ersten Falle wird nähmlich das Wasser zum festen, oder zum Krystallisa-

stallisationseis; 4) warum sich gebrannter Gyps und noch mehr der gebrannte ungelöschte Kalk mit Wasser erhitzen. Das Wasser wird nähmlich damit zum Krystallisationseis; 5) woher die Erhitzung der gebrannten Talkerde mit Vitriolöhl rührt; 6) woher die Hitze der gebrannten Kalkerde, der ätzenden Alkalien, der Metalle bey der Auflösung in concentrirten Säuren kommt; 7) warum sich Vitriolöhl, Salpetersäure, mit ätherischen Oehlen vermischt, erhitzen. Dadurch werden sie nähmlich zu Harzen verdickt; 8) warum geschmolzener Talg, Fett, Harz, Wachs so spät erkalten; 9) warum Vitriolöhl und Wasser, Essig und Wasser, Mehl und Wasser mit einander bey gleicher Temperatur vermischt, eine erhöhete Temperatur erhalten u. s. w.

III. Der freye Wärmestoff wird gebunden in Körpern, die aus dem Zustande der tropfbaren Flüssigkeit in den des Dampfs übergehen.

Aus diesem Gesetze lassen sich mehrere Erscheinungen herleiten. Daß die Verdunstung Kälte hervorbringt, ist eine längst bekannte Sache. M. s. Ausdünstung. Daraus läßt sich erklären: 1) die Unveränderlichkeit des Siedpunktes des an der freyen Luft bey unverändertem Drucke der Atmosphäre kochenden Wassers; 2) die Erscheinung, welche Dr. Black zufälliger Weise entdeckte, daß nähmlich Wasser im verschlossenen papinianischen Digestor über den Siedpunkt erhitzt sogleich zum Siedpunkte zurückkehrt, so wie der Dampf durch eine Oeffnung seinen Ausweg nehmen kann. Auch erklärt sich hieraus der von Crawford angeführte Versuch, daß, wenn 8 Pfund Eisenfeile von 300° Fahrenh. mit 1 Pfund siedendem Wasser von 212 Grad vermengt werden, ein Theil des Wassers plötzlich verdampft, und das Gemenge so wohl als der Dampf 212 Grad hat. Dabey verliert das Eisen 88 Grad Wärme, welche aber keine Erhöhung der Temperatur des Wassers zu Wege bringen, sondern ganz auf die Verdampfung des Wassers verwendet werden. Darin liegt ferner der Grund, warum offene Gefäße, in welchen

Wasser kocht, durchs Feuer nicht merklich über den Siedpunkt erhitzt werden können; warum ein Zwirnsfaden, der um ein mit Wasser gefülltes verstopftes Medicinalglas dicht gebunden ist, über der Flamme eines Lichts nicht verbrennt; warum an feuchten, stark ausdunstenden Orten eine Kälte erzeugt wird; und warum durch Wassersprengen die Zimmer im Sommer abgekühlt werden. Ferner erklärt sich hieraus, wie Herr Gren fand, das Sinken eines empfindlichen Luftthermometers unter der Glocke der Luftpumpe beym Verdünnen der feuchten Luft darunter.

Herr **Watt** [a]) bestimmte durch einen eigenen Apparat nach einem Mittel aus verschiedenen Versuchen, daß die Quantität von Wärme, welche bey 30 englisch. oder $28\frac{1}{8}$ franz. Zollen Barometerhöhe im Dampfe des Wassers gefunden wird, auf 943° Fahrenh. zu schätzen sey; um so viel nähmlich würde sie die Temperatur einer gleichen Menge Wassers erhöhen, wenn selbiges nicht der Verdampfung unterworfen wäre.

Wenn die Verdunstung, wie beym Vitrioläther, schnell und stark geschiehet, so wird auch viele Wärme gebunden, und veranlaßt eine starke Erkältung. So kann die Kälte beym Verdunsten des Vitrioläthers das Wasser zum Gefrieren bringen [b]).

Endlich erklärt dieses Gesetz die so genannte kälteerzeugende Kraft des Menschen in einem Medium, das über die Temperatur der Blutwärme erhöhet ist. Da nähmlich der lebende Körper eine Quelle zur Entwickelung des Wärmestoffs in sich selbst hat, so würde, wenn die umgebenden Mittel von niedrigerer Temperatur den Wärmestoff nicht abführten, dieser sehr bald in den Menschen angehäuft werden müssen, daß er nachtheiligen und tödtlichen Reitz für den Körper wirkte. In einem Mittel aber, das über die Blutwärme

a) de Lüc neue Ideen über die Meteorol. S. 248—258.

b) Ueber die bequemste Art, Wasser durch Verdunstung des Vitrioläthers gefrieren zu machen, vom Hofr. Mayer, in Gren's neuem Journal d. Physik. B. II. S. 394 ff.

wärme in der Temperatur erhöhet ist, kann diese Abführung der Wärme durch dieses Mittel nicht geschehen; aber nun öffnet sich auch eine Quelle zur Abkühlung in desto reichlicherem Maße, nähmlich die Ausdünstung.

IV. Der unmerkbar gewordene Wärmestoff wird wieder zum freyen und empfindbaren in Körpern, welche aus dem Zustande des Dampfs zu tropfbar flüssigen oder festen werden.

Dieß Gesetz ist wieder das umgekehrte des vorigen. Hieraus ist erklärbar: 1) warum eine geringe Menge Wasser in Dampfgestalt, z. B. bey Destillationen, weit mehr Wärme bey seinem Niederschlagen absetzt, als eine gleiche Menge Wasser, wenn auch die Temperatur in beyden gleich ist; 2) warum der Wasserdampf bey der Zusammendrückung und daher entstehender Vernichtung Temperaturerhöhung bewirkt; und warum unter der Glocke der Luftpumpe ein empfindliches Luftthermometer zeigt, wenn man zu den im leeren Raume enthaltenen Dunst Luft läßt.

V. Der freye Wärmestoff wird verschluckt und zum unmerkbaren, wenn Substanzen die Gasgestalt annehmen.

VI. Der unmerkbar gewordene Wärmestoff wird wieder frey, wenn Gasarten ihren luftförmigen Zustand verlieren, und zum festen oder flüssigen Stoffe niedergeschlagen werden.

Diese beyden Gesetze bestätigen die bekannten Erfahrungen über die Gasarten. Die Bildung derselben aus verschiedenen Substanzen beweiset unläugbar, daß Wärmestoff mit letztern chemisch gebunden wird. So entstehen Luftarten aus Wasserdämpfen und einer Menge anderer Dämpfe, welche durch glühende Röhren gelassen werden, um sich da mit der Wärme innig zu vereinigen.

Eben so lehren auch eine Menge zahlreicher und ganz entscheidender Versuche, daß bey der Zersetzung der Gasarten Wärme wieder frey wird.

Die vier ersten Gesetze brachten den Dr. **Black** und **Irwine** zuerst auf den Gedanken einer gebundenen Wärme, oder nach **Black's** Ausdruck, **latenter Wärme**, welche als das Princip der Flüssigkeit und der Dampfgestalt in den Körpern verborgen liege, und nicht eher auf das Thermometer und Gefühl wirke, als bey der Veränderung der Form. In der Folge aber hat man darüber gestritten, ob sich wirklich die Wärme chemisch mit Körpern verbinden könne. So nahm **Crawford** an, daß sich **Black's** latente Wärme mit den Stoffen nicht chemisch verbinde, weil sie sich schon bloß durch Berührung kalter Körper wieder trenne. Er gebraucht daher die Ausdrücke, die Capacität oder die comparative Wärme der Stoffe werde vermehrt oder vermindert. Nach ihm hat nähmlich Wasser mehr Capacität, als Eis, Wasserdampf mehr als Wasser, Gasarten mehr als Dämpfe; die Gasarten nehmen mehr Wärme in ihre Zwischenräume auf, ohne sich darin chemisch mit ihr zu verbinden. Diese Crawford'sche Vorstellung hat Herr Hofr. **Mayer** *) noch mehr zu erläutern, und als statthaft darzustellen gesucht. Doch streitet er nicht über die Möglichkeit, daß die Wärme (als wirkliche Materie) eben so gut wie andere Stoffe, den Gesetzen der Verwandtschaft unterworfen seyn, und, wie diese, solche Verbindungen eingehen könne, bey welchen sie derjenigen Eigenschaft völlig beraubt ist, wodurch sie sich zuvor auszeichnete. Allein, ob sie dieß wirklich thue, entschieden wenigstens die gewöhnlichen Vorstellungen nicht. So sage man z. B., daß diejenige Quantität der Wärme, welche einer gewissen Portion Eises zugesetzt werde, um es in eiskaltes Wasser zu verwandeln, mit demselben in eine chemische Verbindung trete, weil dieser Zusatz von Wärme, während das Eis schmelzt, sich gleichsam den Sinnen entziehe, und keine Erhöhung der Temperatur hervorbringe. Man denke aber nicht daran, daß eine größere Quantität Wärmestoffs in dem aus dem Eise entstandenen Wasser, nur eine gerin-

*) Ueber die Gesetze und Modificationen des Wärmestoffs. Erlang. 1791. 8. S. 6 ff.

geringere specifische Dehnkraft, als die geringere Quantität im Eise, haben dürfte, um erklären zu können, wie beyde Körper (Wasser und Eis,) im Gleichgewichte der Temperatur bleiben könnten, ohne in dem Wasser auch nur einen Theil von Wärme in einer chemischen Verbindung anzunehmen. Und in der That, wer könne das behaupten, wenn man sehe, daß jener Zusatz von Wärme, welcher das Eis in Wasser verwandle, von selbst wieder aus dem Wasser entweiche, so bald es einem Medium ausgesetzt werde, worin die Spannung der Wärme geringer, als in dem Wasser, sey. Es habe also jene Quantität von Wärme nicht ihren eigenthümlichen Charackter der Beweglichkeit und Strebens nach Gleichgewicht verloren, sondern, indem sie in das Eis ginge, nur eine Modification ihrer Dehnkraft erlitten, vermöge der sie aber immer noch fähig genug sey, zur Herstellung eines Gleichgewichts in das umgebende Mittel und die in ihm befindlichen Körper überzuströmen; man werde sie also nicht als gebundene Wärme betrachten müssen.

Wie unrichtig überhaupt der Schluß sey, fährt Herr **Mayer** fort, daß, wenn eine gewisse Portion Wärmestoffs einem Körper zugesetzt, keine Temperaturerhöhung hervorbringe, dieser Zusatz chemisch mit dem Körper verbunden worden seyn müsse, lasse sich auch so einsehen. Gesetzt, der freye Wärmestoff erweitere sich die Zwischenräume des Körpers, in den er einströme, wie das mit einigen scheinbaren Ausnahmen allemahl der Fall sey; könnte nicht diese (durch ihn selbst hervorgebrachte) Ausdehnung, z. B. beym Schmelzen des Eises (denn daß sich auch dieß ausdehne, wenn man von den Luftblasen abstrahire, die nicht zum Wesen desselben gehörten, sey bekannt,) so viel betragen, daß die größere Menge freyen Wärmestoffs in den größern Zwischenräumen des Wassers dennoch eben die Intensität und Spannung beybehielte, als die geringere in den kleinern Zwischenräumen des Eises, letztern also das Gleichgewicht hielte, wie eine größere Portion Luft, einer geringern, von eben der Dichte? Habe man also, um die Veränderlichkeit der Temperatur beym

beym Schmelzen des Eises zu erklären, eine Bindung des dazu verwandten Wärmestoffs nöthig? Entziehe er sich nicht nur scheinbar dem Thermometer, wenn er sich in die größern Zwischenräume des Wassers verberge?

So könnte man nun auch, meint Herr Mayer, von derjenigen Quantität der Wärme, welche zur Bildung des Dampfs und einer luftförmigen Flüssigkeit verwandt wird, behaupten, daß sie nur in einem modificirten freyen Zustande verbleibe.

Nach Herrn Mayer sollte der Wärmestoff nur alsdann gebunden heißen, wenn die Ziehkraft eines Körpers gegen ihn so beträchtlich wäre, daß er dadurch seine Elasticität gänzlich verlöre, und gar kein Vermögen übrig behielt, in ein absolut kaltes Medium überzuströmen. So lange er nur noch etwas von diesem Vermögen übrig hätte, so könne er durch hinreichende Verminderung der Temperatur des Mediums, dem er ausgesetzt werde, aus dem Körper eben so gut entweichen, als die Wärme aus dem heißen Wasser, und verdiene also so gut, wie diese, den Nahmen der freyen Wärme. So führe man wohl gewöhnlich bey den luftförmigen Flüssigkeiten, daß in selbigen der Wärmestoff chemisch gebunden sey, den Grund an, daß man keine solche Flüssigkeit bloß durch Verminderung der äußern Temperatur sich zersetzen, und den in ihr enthaltenen Wärmestoff, wie bey den wässerigen Dämpfen, in Wirksamkeit kommen sehe; allein hiermit sey nur so viel gesagt, daß keine uns bekannte Verminderung der Temperatur eine luftförmige Flüssigkeit in den tropfbaren oder festen Zustand zu verwandeln, hinlänglich sey. Die Unmöglichkeit, daß dieß gar nicht geschehen könne, sey dadurch keines Weges erwiesen, weil wir auch bey den höchsten, uns bekannten Graden der Kälte, dennoch von dem Punkte der gänzlichen Beraubung aller Wärme, immer sehr weit entfernt wären.

Herr Mayer nimmt vielmehr an, derjenige Wärmestoff, welchen die Körper aufnehmen, umgebe jedes Theilchen desselben, wie eine Atmosphäre. Denn die Ziehkraft der Theil-

chen gegen ihn müsse zunächst an den Theilchen stärker seyn, als in einer größern Entfernung; wenn daher ein Gleichgewicht Statt finden solle, so müsse die verminderte Elasticität des Wärmestoffs nahe um die Körpertheile durch eine größere Dichte desselben ersetzt werden, wodurch sich eine Atmosphäre und jedes Theilchen bilden müsse. Auch erklärt er hieraus, warum die torricellische Leere unter gleichen Umständen weniger Wärmestoff aufnimmt, als andere gleich große Räume, welche aber zum Theil mit materiellen Theilen erfüllt sind; indem die große specifische Dehnkraft des Wärmestoffs im leeren Raume bey einer sehr geringen Dichte dem ungleich dichtern, aber minder elastischem Wärmestoffe zwischen den materiellen Theilen eines Körpers das Gleichgewicht halten könne. Daraus schließt Herr Mayer, daß ein Körper bey sonst gleichen Umständen desto mehr Wärme aufnehme, je mehr durch die Ziehkraft seiner Theilchen die natürliche Dehnkraft des Wärmestoffs geschwächt werde. Weil nach Mayer's Theorie die specifische Dehnkraft des Wärmestoffs selbst in dem nähmlichen Körper, nicht durchaus gleich, und das Gesetz, nach welchem sie sich ändert, unbekannt ist, so muß man sich in jedem Körper eine mittlere specifische Dehnkraft gedenken, und eben diese ist es, welche man durch die Methode der Mengungen zu erhalten sucht.

Herr Mayer glaubt mit Crawford, daß die sich verbergende und frey werdende Wärme bloß von veränderter Capacität, nicht von chemischer Verbindung und Scheidung abhänge. Bey den luftförmigen Flüssigkeiten sollte man, meint Herr Mayer, den Ausdruck Permaneität aus den Lehrbüchern der Naturlehre ganz verbannen, indem es gar wohl innerhalb der Gränzen der absoluten Null eine Temperatur geben könnte, bey welcher die luftförmigen Flüssigkeiten sich eben so gut zersetzen könnten, als sich die Dämpfe schon zu vereinigen anfingen, so bald sie in eine Temperatur gelangten, welche weniger als 212° Fahrenh. betrage. Selbst beym Verbrennen entstehe die Hitze nur allein durch die Decomposition der Luft, welche den Körper umgebe. Sie

werde

werde größten Theils auch selbst durch Verminderung der Capacität des brennenden Körpers, indem derselbe den Sauerstoff der Luft anziehe, dagegen aber auch wieder anderer Bestandtheile beraubt werde, und dadurch eine Formänderung erfahre, hervorgebracht werden können. Daß die Hitze dabey bloß aus der Luft komme, sey eine ganz unstatthafte Behauptung. Uebrigens ist er über die Art und Weise, wie das Sonnenlicht den Wärmestoff modificire, mit de Lüc einverstanden, meint aber, man könne dabey ebenfalls mit der Euler'schen Theorie vom Lichte ausreichen.

Die bisher angeführten Gründe gegen die Bindung des Wärmestoffs, wenn man wirklich einen solchen behaupten will, scheinen doch in der That kein Gewicht zu haben. Denn als Materie muß er ohne Zweifel alle Eigenschaften einer Materie überhaupt besitzen. Wenn also die Wärmematerie mit andern Materien eine Verbindung eingeht, wie dieß alle Erfahrungen zur Genüge lehren, und auch von allen, welche gegen die Bindung derselben in den Körpern streiten, angenommen wird, so muß sie offenbar mit den Theilen der Körper, selbst nach der atomistischen Vorstellung, in einem gewissen Zusammenhange seyn, oder von denselben angezogen, und eben dadurch ruhend oder in ihrer ausdehnenden Kraft unwirksam gemacht werden. Wenn man also unter **Bindung** der Wärme überhaupt eine Verminderung oder vorjetzt eine gänzliche Unwirksamkeit der Ausdehnungskraft derselben eben durchs Anziehen der Körpertheilchen versteht, so ist doch in der That in dem Ausdrucke **gebunden** (latent, figirt, unmerkbar,) gar keine Ungereimtheit zu finden. Vielmehr würde der Ausdruck **Capacität** ohne Sinn seyn, wenn man nicht darunter eine gewisse Wirksamkeit des Körpers gegen die Wärme verstände, daß mithin eben dadurch die Dehnkraft der Wärme geschwächt oder ganz vermindert werde. Man sieht also hieraus, daß die ganze Sache eigentlich auf einen Wortstreit hinausläuft, und der eine Theil das ganze Phänomen nur nicht gebunden nennen will, was der andere

doch

doch so zu bezeichnen sich erlaubt. Uebrigens ist dagegen gar nicht zu streiten, daß in vielen Fällen der Wärmestoff nur adhärent mit den Körpertheilchen seyn könne, wie z. B. beym Wasserdampfe, bey der Schmelzung der Körper u. s. f.; aber kann denn wohl eine Adhäsion Statt finden, wenn nicht schon der allgemeine Begriff einer chemischen Verbindung vorausgesetzt wird? Denn bey dem Phänomene der Adhäsion sind nur die auf einander wirkenden Kräfte beyder Materien, die sich mit einander verbinden wollen, zu schwach, um sich zu durchdringen. Allein bey der Bildung der Gasarten ist es wohl mehr als wahrscheinlich, daß sich die Wärmematerie mit den Grundlagen wirklich chemisch verbinde; denn diese Behauptung hat weit mehr Gründe für sich, als die Annahme, daß es innerhalb den Gränzen der absoluten Null eine Temperatur geben könne, bey welchen sich die Gasarten, wie die Wasserdämpfe unter 212° Fahrenh., zersetzten. Ueberhaupt ist es aus dem Angeführten wahrscheinlich, daß die Wärmematerie nicht allein von Stoffen in ihrem luftförmigen Zustande chemisch gebunden werde, so daß diese auch jene in andern Zuständen ihrer Form wirklich chemisch gebunden enthalten können, oder daß sie nicht vermögend sey, diese Stoffe in expansible Flüssigkeiten umzuändern; und zwar so, daß sie bey gleicher Masse nach ihrer verschiedenen Anziehung dazu mit verschiedenen Mengen derselben verbunden sind, und daß durch die Veränderung der Mischung der Stoffe diese gebundene Wärmematerie in größerer oder geringerer Menge daraus frey werde. Dieß wäre denn noch ein Mittel, die Temperatur zu erhöhen, ohne daß dabey eine Formänderung Statt fände.

Weil das Eis von 32° Fahrenh. bey seinem Uebergange zum tropfbar. flüssigen Wasser von eben dieser Temperatur nur eine bestimmte Menge freyer Wärmematerie verschluckt, und folglich diese der geschmolzenen Menge von Eis proportional ist, so haben hierauf Lavoisier und la Place einen Apparat gegründet, theils die so genannte specifische Wärme der Körper zu bestimmen, theils die verhältnißmäßige Menge

des

des Wärmestoffs zu messen, die bey der Zersetzung der Körper und ihrer Formänderung, oder sonst beym Verbrennen frey wird. Diesen Apparat haben sie mit dem Nahmen Calorimeter belegt, den man sonst auch **Eisapparat** nennt. M. s. **Wärmemesser**.

Bey der Verbrennung der Körper wird vorzüglich eine große Menge von Wärme entbunden und zur freyen gemacht. Wie diese Entbindung erfolge, ist unter dem Artikel, **Verbrennung**, angeführt worden.

In vielen Fällen ist die Wärme zugleich mit Licht verbunden, und diese Erscheinung nennt man **Feuer** (ignis, feu). Die verschiedenen Meinungen, welche die Physiker von jeher über Wärme und Licht gehabt haben, haben verursacht, daß die Ausdrücke Feuer und Wärme nicht gehörig von einander sind unterschieden worden. Daher ist es auch gekommen, daß manche Naturlehrer vom Feuer reden, und darunter bloß Wärme oder auch nur allein Licht verstehen. Es wäre freylich zu wünschen, daß man die Phänomene, bey welchen sich unter gewissen Umständen Licht und Wärme gezeigt hätten, ohne Einwebung der festgesetzten Hypothesen aufgezählt, und sie gehörig von denjenigen, wobey sich Wärme allein, und vielleicht Licht allein, entwickeln, unterschieden hätte. Vielleicht würden wir auf diesem Wege in den Lehren von Wärme und Licht weiter vorgedrungen seyn, als es wirklich bis jetzt noch geschehen ist. Denn so viele Fortschritte auch in den neuern Zeiten die Physik gemacht hat, so sind wir doch in diesen Lehren am weitesten noch zurück, und es läßt sich immer noch nicht mit völliger Gewißheit behaupten, ob es in der That eine eigene Wärme- und Lichtmaterie gebe, und ob wirklich die Lichtmaterie von der Wärmematerie verschieden sey. Bey so bewandter Sache kann ich hier also nichts weiter thun, als die vorzüglichsten Meinungen über die Natur der Wärme und des Feuers kürzlich anzuführen.

Schon Aristoteles nahm für Wärme und Feuer ein eigenes Element von sehr feinen und beweglichen Theilen an, welches

welches unter allen das unkörperlichste sey. Daher schreibt man ihm irrig die Behauptung der Scholastiker zu, welche die Wärme für eine bloße Qualität betrachteten. Allein schon Casacus *) hat den Aristoteles gegen diese Beschuldigung zu vertheidigen gesucht. Nach dem Corpuscularsystem hielt man die Wärme und das Feuer für Ausflüsse aus den Körpern. Cartesius betrachtete das Feuer als eine Bewegung seines ersten Elements oder der feinen Materie, wodurch die Theile der Körper mit fortgerissen werden. Selbst Newton scheint in seinen der Optik beygefügten Fragen das Wesen der Wärme in eine schwingende Bewegung eines ätherischen Mittels gesetzt zu haben. Er nahm nähmlich zwey weite und hohe cylindrische Gefäße, und hing in jedes ein Thermometer so auf, daß es auf keiner Seite das Glas berührte; hiernächst zog er aus dem einen Gefäße die Luft heraus, und brachte nachher die beyden Glascylinder aus einem kalten Orte in einen warmen; hier fand er das Thermometer im luftleeren Raume eben so empfindlich, wie im luftvollen. Daher frägt er nun: wird nicht die Wärme im luftvollen Raume durch Schwingungen eines Mittels, welches viel feiner als die Luft ist, hervorgebracht, und ist dieses Mittel nicht selbst im luftleeren Raume anzutreffen? Verursachen nicht die Schwingungen dieses Mittels, daß die Wärme in Körpern dauerhafter und von größerer Intensität werde? Und theilten nicht warme Körper ihre Wärme kalten, jenen nahe genug kommenden, Körpern deßwegen mit, weil sich die Schwingungen dieses Mittels aus den warmen Körpern in die kalten fortpflanzen? Ist nicht dieses Mittel weit feiner, elastischer und wirksamer, als die Luft? Durchdringt es nicht alle Körper, und ist es nicht durch den ganzen unermeßlichen Himmelsraum vermöge seiner elastischen Kraft verbreitet? Auch scheint Newton das Feuer bloß für denjenigen Zustand der Körper zu halten, in welchen sie durch eine heftige schwingende Bewegung die in

*) Diss. phys. de igne. Frf. et Lips. 1688. p. 117.

in ihnen befindliche Lichtmaterie reichlicher aussenden. Besonders scheine dieß bey allen denjenigen Körpern Statt zu finden, welche erdige und vorzüglich schweflige Theile in Menge enthielten.

Noch andere, wie **Boyle**, hielten die Wärme mit den Scholastikern für eine Eigenschaft der Körper, das Feuer aber als eine ponderable Materie von eigener Art. Seit **Newton's** Zeiten sind aber vorzüglich zweyerley Meinungen von der Natur der Wärme und des Feuers berühmt geworden; die eine setzt nähmlich eine eigene Materie des Feuers und der Wärme, die andere aber erklärt alle Erscheinungen aus Schwingungen, welche entweder den Theilen der Körper selbst beygelegt, oder mit Hülfe eines elastischen Mediums bewirkt werden, wie z. B. des cartesianischen Aethers, oder der subtilen Materie. In den neuesten Zeiten ist noch eine dritte Meinung hinzugekommen, nach welcher nähmlich die Erscheinungen der Wärme aus der Entzweyung der dynamischen Kräfte abgeleitet werden. Es ist aber zu bemerken, daß alle diese drey Meinungen noch Schwierigkeiten zurücklassen, und diejenige, welche die Wirkungen der Wärme aus der Annahme einer wirklichen Materie erklärt, bis jetzt am wahrscheinlichsten ist, weil sich aus ihr alle Phänomene am ungezwungensten herleiten lassen.

Einige Meinungen der ältern Chemiker über das Wesen der Wärme hat **Johann Friedrich Mayer** *) angeführt. Eine ganz eigene Vorstellung von dem Feuer machte sich **Becher**. Er gedachte sich darunter eine verdünnte Erde. Das Princip nähmlich, welches die Körper zum Verbrennen fähig mache, hielt er für elementarisch und für eine feine Erde. **Stahl** bestimmte den Begriff hiervon etwas genauer, und nannte dieß Princip **Phlogiston**. Er dachte sich nach **Becher's** Grundsätzen dasselbe in einer erdigen Form, und glaubte, daß es das Elementarfeuer (den Wärmestoff) gebunden enthielt.

Boer-

*) Chymische Versuche zur nähern Kenntniß des ungelöschten Kalks. Hannov. u. Leipz. 1770. 8. Cap. 23.

Boerhaave a) unterschied ebenfalls das Phlogiston von dem Elementarfeuer (Wärmematerie). Dieses ist nach ihm eine Materie von unwandelbarer Natur und unveränderlichen Eigenschaften, welche weder in etwas anders verwandelt, noch aus andern Körpern aufs neue erzeugt werden kann. Er glaubt, daß diese Materie durch alle Theile des Raums gleichförmig verbreitet sey, bleibe aber völlig verborgen, und zeige sich bloß durch ihre Wirkungen, nähmlich durch Wärme, Licht, Farben, Ausdehnung der Körper und Verbrennung. Unter gewissen Umständen äußerten sich alle Wirkungen auf ein Mahl, bisweilen nur einige allein. Daher bemerken wir oft Licht ohne Wärme, wie bey den Phosphoren, faulem Holze u. s.; oft Wärme ohne Licht, wie bey solchen Körpern die noch nicht glühen. Alle diese Wirkungen läßt er aber auf eine mechanische Art durch Bewegung und Stoß erfolgen, und indem diese Materie in einen engern Raum als vorher gebracht, oder verdichtet wird. Auf die erste Art ordnen sich die Theile derselben in geraden Linien oder Strahlen, welches die Wirkung der leuchtenden Körper ist; die andere Art aber entsteht vorzüglich durch das Reiben der Körper an einander und durch die Einwirkung des Sonnenfeuers.

Viele andere, wie **Macquer** b), betrachten die Lichtmaterie als reines Elementarfeuer. Wenn aber dieses ein wirklicher Bestandtheil der Körper selbst geworden ist, so erhält es bey ihm den Nahmen des **Brennbaren** oder des fixen Feuers, und die Wärme besteht in einer heftigen Bewegung aller Theile, besonders aber der brennbaren. Nach seiner Meinung ist das freye Feuer eine überaus feine Materie, deren Theile mit einander nicht zusammenhangen, und in einer steten reisenden Bewegung sich befinden. Dieß Feuer ist also beständig flüssig, ja das einzige Princip der Flüssigkeit auch in andern Körpern. Hierauf untersucht **Macquer**, ob Wärme und Licht von einem einzigen oder

a) Element. chemiae. Tom. I cap. de igne.
b) Chymisches Wörterbuch. Artik. Feuer.

von verschiedenen Stoffen herrühre. Nach ihm ist es ausgemacht, daß das Licht eine eigene Substanz sey, weil man seine Bewegung kenne, über dieß auch vermögend sey, seine Richtung zu ändern, es zu sammeln, zu zerstreuen, in die Zusammensetzung der Körper zu bringen, und davon wieder zu trennen. Dagegen scheint ihm aber die Wärme ein bloßer Zustand zu seyn, in welchen eine jede Materie versetzt werden kann, ohne daß sie dadurch aufhört, das zu seyn, was sie ist; daher er sie endlich für eine innere Bewegung der Theile der Körper erklärt. Da nun in den meisten Fällen, wo Licht gegenwärtig ist, auch Wärme erregt werden kann, und eine hinreichend starke Wärme Licht hervorbringt, so glaubt er, daß beyde Wirkungen von ein und derselben Substanz herrühren. Was die verbrennlichen Körper betrifft, so haben sie die Eigenschaft, wenn sie einmahl glühen, alle Erscheinungen und Wirkungen des Feuers selbst hervorzubringen, welche in der Chemie und in den Künsten gebraucht werden können, nähmlich der Stoß des Lichts, das Reiben, Schlagen und Stoßen, und die Verbrennung entzündlicher Substanzen. Das Licht wirkt auf die Körper alsdann, wenn es in ihnen Wärme hervorbringen kann; und alle Wirkungen, welche es in dieser Absicht thut, lassen sich auf eine einzige, auf Ausdehnung, zurückbringen. Das von den Körpern zurückgeworfene Licht macht sie sichtbar, und wirkt als Licht; das in sie eindringende erwärmt, und wirkt als Feuer, obschon beydes eine und dieselbe Materie ist.

Pott [α]) glaubte, daß das Feuer eine innige Vermischung des Lichts mit einer zarten brennlichen Erde sey, und in einer starken Bewegung sich finde. Wallerius [β]) hält den wärmeerregenden Stoff für eine höchst flüssige, bewegliche, feine, flüchtige und elastische Substanz, welche mit der Lichtmaterie verbunden ist, und von derselben in Wirksamkeit gesetzt wird, an eine feine erdige Materie gebunden aber das

α) Vom Licht und Feuer in dessen Lithogeognosie. Th. I. S. 66. 70.

β) De materiali differentia luminis et ignis in disp. acad. Fasc. I. Holm. et Lips. 1780. 8. n. VIII.

das Phlogiston gibt. Das Feuer entsteht durch die Bewegung und Zersetzung des Wärme erregenden Stoffs und des Phlogistons, wobey die mit jenem verbundene Lichtmaterie frey und sichtbar wird. **Weigel** [α]) und **Baumé** [β]) betrachten das Feuer als eine Materie, welche Licht und Wärme als Wirkungen hervorbringt, und wenn sie als Bestandtheil in einen Körper eingeht, sich entweder in ihnen frey aufhält, den Grundstoff der Causticität ausmacht, und das **Feuerwesen** genannt wird, oder durch eine feine Erde gebunden ist, und alsdann das **Brennbare** heißt.

Scheele [γ]) betrachtet das Brennbare als eine einfache elementarische Substanz, welche mit der fixen Luft oder der von ihm genannten Luftsäure verbunden die **Feuerluft** gibt, oder die so genannte dephlogistisirte Luft (Lebensluft). Diese Luft verwandelt sich durch die Vereinigung mit einer geringern oder größern Menge vom Brennbaren in die **strahlende Hitze**, welche nach Art einer mit Brennbarem verbundenen Säure auf die Körper wirkt, und die Empfindung der Wärme nebst den Wirkungen des Feuers hervorbringt. Diese strahlende Hitze ist also nach dieser Theorie die eigentliche Materie des Feuers. Verbindet sie sich noch mit mehrerem Brennbaren, so entsteht Licht, und zuletzt endlich das **entzündbare Gas**. Das Feuer ist der Zustand, worein die brennenden Körper mit Hülfe der Feuerluft kommen, nachdem sie vorher einen gewissen Grad der Hitze empfangen haben, wobey das Brennbare mit den andern Substanzen, mit welchen es verbunden war, gewaltsam losgerissen wird, und dadurch eine Auflösung der Körper in ihre Bestandtheile und eine gänzliche Zersetzung derselben verursacht. Diese Theorie hat **Scheele** nicht allein mit vielen Versuchen unterstützt, sondern ist auch von **Bergmann** in seinen vornehmsten Theilen gebilliget worden. Sie hat ihren vorzügli-

α) Grundriß der reinen und angewandten Chymie Greifsw. 1777. 8.
β) Erläuterte Experimentalchymie, Th. I. S. 132 ff.
γ) Chemische Abhandl. von der Luft und dem Feuer. Ups. u. Leipzig 1777. 8.

züglichen Grund darin, daß **Scheele** durch sehr feine Versuche in der Lichtmaterie ein brennbares Wesen fand, und daher zu entdecken glaubte, die Lichtmaterie wirke nicht ganz so, wie das Brennbare selbst, daher er auch die Lichtmaterie nicht für eine einfache Substanz halten wollte. **Wallerius** hat aber in der vorhin angeführten Schrift gegen seine Schlüsse, die er aus seinen Versuchen gezogen hat, erhebliche Einwendungen gemacht, und über dieß ist es so leicht nicht zu begreifen, wie man so oft Licht ohne große Hitze, und Hitze ohne Licht empfinden kann, wenn das Licht bloß in einer mit mehrerem Brennbaren übersättigten Wärme bestehen sollte.

Nach dem System des Herrn **Lavoisier** [a]) ist die Wärmematerie mit der Lichtmaterie einerley. Er glaubt, daß diese Materie mit einem andern Grundstoffe verbunden die Lebensluft bilde. Kommt nun ein hinreichend erhitzter Körper mit der respirabeln Luft in Berührung, so entzieht er ihr den Grundstoff, die Wärmematerie wird frey, und entweicht mit Hitze und Licht, und bildet das Feuer. Auf diese Art wird also in der atmosphärischen Luft der reine Theil derselben zersetzt, und es bleibt nur die verdorbene oder Stickstoffluft zurück. Diese Theorie ist anfänglich, wie es jeder neuen Sache zu gehen pflegt, ungemein bestritten worden, hat aber doch endlich mit einigen geringen Abänderungen allgemeinen Beyfall erhalten.

Um die Materie des Feuers dem Auge sichtbar zu machen, hat sich vorzüglich **Marat** [β]) außerordentliche Mühe gegeben. Er gebrauchte hierzu ein Sonnenmikroskop im dunkeln Zimmer, und glaubte mittelst desselben aus glühenden Körpern eine Materie in Gestalt feuriger Wellen aufsteigen gesehen zu haben, welche ganz eigene Verbindungen gegen andere Materien, welchen sie begegnete, z. B. gegen Wasser,

a) Mémoir. sur la combustion; in d. Mém. de Paris 1777. übersetzt in seinen Werken von Weigel. Th. III. Greifsw. 1783. 8. S. 170.

β) Découverte sur le feu, l'électricité et la lumière. à Paris 1779. 8. Übers. mit Anmerk. von Weigel. Leipz. 1783. 8.

Wasser, Salze, Erden, Metalle u. dgl. äußerte. Seine vielfältigen Beobachtungen ließen ihn schließen, daß diese Materie von dem Lichtstoffe, dem Brennstoffe, und der elektrischen Materie wesentlich verschieden sey. Er nannte sie **Feuermaterie** oder **feurige Flüssigkeit** (fluide igné), und hielt sie für eine eigene Substanz, deren Theile ungemein fein, schwer, beweglich, äußerst hart, kugelförmig und sehr durchsichtig sind; sie macht einen Bestandtheil der Körper aus. Befindet sie sich in Thätigkeit, so entsteht Feuer, indem sie durch die Bewegung ihrer Theile Wärme und Flamme bildet. **Marat** brachte in den Lichtkegel des Sonnenmikroskops nicht allein solche Körper, welche vom Feuer verzehret werden, als brennende Kerzen, glühende Kohlen u. dgl. sondern auch solche, welche von ihrer Substanz nichts weiter verlieren, als glühende Stückchen Silber, Bergkrystall, Porzellan u. s. f.; bemerkte aber jeder Zeit auf der weißen Leinwand, die das Bild auffing, einen hochsteigenden weißen Cylinder, welcher sich oberwärts ausdehnte, und lauter gekräuselte Wellen verbreitete. Er führt sogar an, daß sich die aufsteigende Säule durch den Blasebalg aus ihrer geraden Richtung habe bringen, und seit- oder unterwärts habe lenken lassen. Es ist aber ohne Zweifel hierbey eine Täuschung vorgegangen; denn eine solche Erscheinung würde auf eine sehr grobe Materie des Feuers hinweisen, welches wohl schwerlich behauptet werden könnte. Außerdem führet noch **Marat** Versuche an, die beweisen sollen, daß heiße und glühende Körper schwerer werden. Hierzu nahm er solche Körper, welche im Feuer nicht leicht etwas von ihren Bestandtheilen verlieren. Eine 6 Unzen schwere silberne Kugel hatte beym Rothglühen $5\frac{1}{2}$ Gran mehr am Gewichte, und eine bis zum Weißglühen erhitzte kupferne Kugel von 15 Unzen 6 Quentchen wog, ungeachtet sie nach dem Erkalten 3 Gran von ihrer Substanz verloren hatte, glühend doch 2 Gran mehr. Diesen Versuchen zu Folge hielt er die feurige Flüssigkeit für eine schwere Materie, ja er glaubte sogar, daß sie specifisch schwerer, als Luft sey. Daß aber bey solchen feinen

Versuchen ungemeine Täuschungen vorgehen können, ist eine längst bekannte Sache. **Marat's** Schlüsse sind also schwerlich beyfallswürdig, besonders da alle diese Erscheinungen nach neuern Erfahrungen weit richtiger erklärt werden können.

Die Behauptung von dem Daseyn eines wirklichen Wärmestoffs erhielt sehr viele Wahrscheinlichkeit durch die Entdeckungen der Herren **Wilke** und **Black**; jener hatte nähmlich durch eine Reihe schöner Versuche gefunden, daß beym Schmelzen des Schnees eine gewisse bestimmte Menge fühlbarer Wärme verloren gehe, und letzterer fand ebenfalls durch Versuche, daß sich beym Gefrieren des Wassers die verloren gegangene Wärme wieder zeige, und daß dieß eben die Ursache sey, warum ein im gefrierenden Wasser gestelltes Thermometer nicht unter den Gefrierpunkt kommt. Hieraus entstanden nun die Begriffe von **gebundener** und **freyer Wärme.** Daher kam es, daß man diese Materie als eine solche betrachtete, die sich mit andern Körpern chemisch verbinden, und dadurch ihrer ausdehnenden Kraft, die sie im freyen Zustande zeigt, beraubt werden könne. Ob nun gleich auf solche Art das Daseyn einer Wärmematerie sehr viel Wahrscheinlichkeit erhielt, so ist man doch nicht im Stande, dieselbe dem Auge darstellbar zu machen, sie in Gefäße einzuschließen, und unmittelbaren Versuchen zu unterwerfen.

Auf diese Entdeckungen der Herrn **Wilke** und **Black** gründete **Crawford** *) seine sehr sinnreiche Theorie über Wärme und Feuer. Nach ihm ist **absolute Wärme** diejenige Menge von Wärmematerie, welche ein Körper ohne Rücksicht der Masse und Volumen in sich enthält. **Empfindbare Wärme** eines Körpers ist die Empfindung, welche in uns durch den Uebergang dieser Materie aus dem Körper in die Werkzeuge der Sinne bewirkt wird, wenn deren ausdehnende Kraft in dem Körper außer uns größer ist,

*) Ad. Crawford's Versuche und Beobachtungen über die thierische Wärme und die Entzündung brennbarer Körper mit Morgan's Erinnerungen wider die Theorie des Herrn Crawford's. Leipz. 1785. 8.

ist, als in den Werkzeugen des Gefühls; außerdem würden wir dem Körper eine **fühlbare Kühle** oder **Kälte** zuschreiben, **Temperatur** oder **thermometrische Wärme** eines Körpers nennt er den Grad, welchen das Thermometer in dem Augenblicke zeigt, da die ausdehnenden Kräfte der absoluten Wärme im Körper und Thermometer einander das Gleichgewicht halten, und also keines von beyden dem andern von seiner absoluten Wärme etwas mehr entweder abgeben oder entziehen kann. **Comparative** oder nach **Wilke'ns** Ausdrucke **specifische Wärme** zweyer Körper ist das Verhältniß der Mengen von Wärmematerie, die sie bey gleichen Massen und gleichen Temperaturen in sich enthalten. Die über die specifische Wärme angestellten Versuche, von welchen unter dem Artikel **Wärme, specifische**, geredet werden soll, scheinen folgende Regel zu bestätigen:

> Wenn mit einer Materie mehr Brennbares verbunden wird, so wird dadurch ihre Fähigkeit, Wärmematerie unmerkbar zu machen, vermindert, und ein Theil ihrer absoluten Wärme ausgetrieben. Wird ihr hingegen Brennbares entzogen, so wird ihre Fähigkeit, Wärmematerie unmerkbar zu machen, vermehrt, und sie verschluckt einen Theil der Wärme aus den sie berührenden Körpern.

Diesem Grundsatze gemäß betrachtet **Crawford** das Brennbare (Phlogiston) als ein der Wärmematerie entgegengesetztes Wesen, dessen Verbindung mit einem Körper die Wärmematerie aus demselben heraustreibt, dagegen durch die Wirkung des Wärmestoffs auf einen Körper die Anziehung desselben gegen das Phlogiston vermindert wird. Hieraus erklärt er die Unterhaltung der Wärme im thierischen Körper, und die meisten Erscheinungen, welche beym Verbrennen der verbrennlichen Körper vorkommen.

Freye Wärme wirkt auf alle Körper, welche Brennbares enthalten, als Auflösungsmittel. Hat nun die Luft einen freyen Zutritt dazu, so wird sich selbige wegen der starken Verwandtschaft des reinen Theils derselben gegen das Phlogiston

giston mit dem aus dem Körper entwickelten Phlogiston verbinden, und dagegen ihre Wärme fahren lassen, die zum Theil eine Verbindung mit dem Körper eingeht, welcher das Phlogiston hergibt, zum Theil aber frey in der benachbarten Luft sich vertheilt, und daher eine empfindbare, oft sehr heftige Hitze erregt. Die atmosphärische Luft, mit deren reinem Theile das Phlogiston sich verbindet, wird auf diese Art in phlogistisirte oder fixe Luft (Stickstoffluft) verwandelt, deren specifische Wärme 322 Mahl geringer ist, als die der dephlogistisirten (Lebensluft). Hieraus ist die große Menge des Feuers erklärbar, welche sich bey der Verbrennung der verbrennlichen Körper entbindet und frey wird, besonders, wenn ein beständiger Luftzug von frischer Luft Statt finden kann, oder wenn die Verbrennung in Lebensluft geschieht, worin Stahlfedern wie Schwefelfäden brennen.

Die frey gewordene Wärme wird dem Sinne des Gefühls empfindbar, und zeigt sich auch in vielen Fällen dem Gesicht als Licht, wie bey dem Glühen und der Flamme. Dieß letztere scheint ein in Luftgestalt abgesondertes Phlogiston, nach **Volta's** und **Kirwan's** Vorstellungen ein entzündbares brennbares Gas zu seyn, welches sich vielleicht so lange als Flamme zeigt, bis es seiner Luftgestalt beraubt ist, und sich mit der atmosphärischen Luft verbunden hat. Ein Theil des entbundenen Phlogistons bleibt noch mit den übrigen vom brennenden Körper abgeschiedenen Theilen vereinigt, welche Rauch bilden, und eine Menge Feuertheile mit sich nehmen, die in den höhern Gegenden der Atmosphäre sich wiederum mit derselben verbinden. Daß die Hitze in der Flamme einer Kerze so heftig, in einer geringen Entfernung davon aber nur schwach ist, rührt daher, weil eben die Wärmemenge, welche die phlogistisirte Luft bis auf einen sehr hohen Grad erhitzt, die gemeine atmosphärische Luft nur bis auf einen sehr mäßigen Grad erwärmt.

Hieraus ergibt sich, warum das Feuer nicht fortbrennt, wenn die umher befindliche Luft weggenommen wird, oder wenn sie mit Phlogiston gesättigt ist; denn alsdann kann

sie

sie keines weiter von dem brennbaren Körper aufnehmen, und dieser daher keins absondern. Auch die so genannte Verkalkung der Metalle erfordert den freyen Zugang der Luft, und in einem verschlossenen Gefäße kann nur eine gewisse Menge Metall verkalkt werden, bis nähmlich die eingeschlossene Menge mit Phlogiston gesättigt ist. Es wirken daher Wärme und Luft bey der Verbrennung der Körper gemeinschaftlich als Auflösungsmittel; die erstere zerlegt den Körper, indem die Luft sich mit dem Phlogiston verbindet, und hingegen die in ihm enthaltene Wärme hergibt. Durchs Hinzuströmen von frischer Luft wird die Hitze verstärkt, besonders wenn die zuströmende Luft sehr rein ist, weil mit der frischen Luft ein neuer Vorrath von Wärme zugeführt, und zugleich die phlogistisirte Luft, die die brennenden Körper umgibt, hinweggetrieben wird.

Uebrigens kann es Stoffe geben, welche durch eine für unser Gefühl sehr schwache Wärme schon so weit zerlegt sind, daß sich einiges Phlogiston aus ihnen entwickelt. So bald dieß mit der Luft in Berührung kommt, kann Hitze und Entzündung entstehen. Auf diese Art erklärt sich die Selbstentzündung des Phosphors und des Pyrophorus an der Luft. Schlechter Phosphor wird an der Luft wenigstens warm, und gibt einen Schwefelgeruch von sich. Bey der Vermischung von Säuren und Oehlen kann plötzlich eine Zersetzung vorgehen, alsdann wird die umgebende Luft schnell phlogistisirt, und diese muß dagegen eine große Menge Wärmematerie absetzen, die die Mischung bis zur Entzündung erhitzen kann. Hieraus lassen sich die schnellen Erhitzungen des Sassafras-, Guajak- und Nelkenöhls mit rauchender Salpetersäure, die Selbstentzündung des mit Kienruß, Hanf und Flachs vermischten Hanf- und Leinöhls, die Entstehung der Hitze beym Verwittern der Kiese u. s. f. begreifen.

Diese Theorie, welche viele Erscheinungen so glücklich zu erklären schien, ward von den Naturforschern beynahe mit allgemeinem Beyfall aufgenommen, und selbst die von **Morgan** dagegen gemachten Einwürfe sind von weiter keiner Erheb-

Erheblichkeit. Sie hat aber ihren Werth verloren, nachdem man entscheidend gefunden hatte, daß die völlig reine Lebensluft durchs Verbrennen der verbrennlichen Körper gänzlich verzehrt wird, welche Erscheinung dieser Theorie gerade zu entgegen ist.

Eine andere Theorie des Herrn de Lüc von der Wärme hat ebenfalls einige sehr große Anhänger gefunden, und verdient daher kürzlich angeführt zu werden *). De Lüc setzt das Feuer unter die Classe der so genannten Dünste, welche er von der Classe der luftförmigen Stoffe unterscheidet. Alle Stoffe beyder Classen bestehen aus einem fortleitenden Fluidum (fluide déferent), und aus einem schweren Stoffe (substance purement grave), welcher sich von jenem Fluidum durch bloßen Druck losmacht, bey den luftförmigen Stoffen aber weit inniger mit ihm vereinigt ist. Bey den Dünsten macht sich auch das fortleitende Fluidum auf seiner Seite von selbst frey, um ein gewisses Gleichgewicht herzustellen, und es gibt dem schweren Stoffe mehr ausdehnende Kraft, wenn es in mehrerem Ueberflusse zugegen ist. Beym Feuer hält nun de Lüc das Licht für das fortleitende Fluidum, und belegt den bloß schweren Stoff mit dem Nahmen der Feuermaterie; diese, sagt er, sey ihm von dem Lichte abgesondert, und allein existirend, gänzlich unbekannt. Es sey dieß aber der Fall mit mehreren andern angenommenen Stoffen, so daß daher keine Einwürfe gegen ihr Daseyn herzunehmen sey, wenn die Erscheinungen sie bezeugen. Das Licht verliert durch seine Verbindung mit der Feuermaterie sein Vermögen zu leuchten, erzeugt aber dagegen ein neues sehr auszeichnendes Phänomen, die Wärme. Das Feuer besitzt eine größte Dichtigkeit, über welche hinaus sich ein Theil davon zersetzt, und daher wieder leuchtend wird. Dieses Größte ist das Glühen, und alsdann nur bringt das Feuer phosphorische Phänomene hervor. Wenn das Glühen aufs höchste gestiegen ist, d. h. wenn die Zersetzung des Feuers sich auf alle Classen der Lichttheilchen erstreckt, und so das Glühen

*) Neue Ideen über die Meteorologie. S. 115 ff.

Glühen zum Weißglühen gekommen, so ist das Feuer auf seiner höchsten Stufe. Durch dieß Größte wird der Grad der Hitze, den wir durch die Kunst hervorbringen können, die Ofenwärme eingeschränkt, deren vorzügliche Wirkungen die Ausdehnung, Schmelzung und Verdampfung der Substanzen sind.

Unter Wärme versteht de Lüc die Wirkung des freyen Feuers in andern Substanzen, oder den wirklichen Grad der ausdehnenden Kraft des Feuers. Mit dieser wirklichen ausdehnenden Kraft des Feuers ist die Wärme der Substanzen im Verhältnisse, nicht aber mit seiner Dichtigkeit, d. h. mit seiner Menge in denselben Raum. Denn dieselben verhältnißmäßigen Mengen des Feuers äußern nicht einerley Grad der ausdehnenden Kraft auf alle Substanzen, und bringen also nicht bey ihnen denselben Grad von Wärme hervor. Hierin, sagt er, bestehe eigentlich das vor kurzem entdeckte Phänomen, welches man die verschiedenen Capacitäten für die Wärme genannt habe. Hierbey sucht nun Herr de Lüc aus dem atomistischen Natursystem des Herrn le Sage, welches sich, wie bekannt, bloß auf Stoß und Bewegung gründet, den Satz herzuleiten, daß die ausdehnende Kraft, welche den Grad der Wärme bestimmt, von zwey verschiedenen Umständen abhange, nähmlich seiner Menge und seiner Geschwindigkeit der Bewegung, und daß diejenigen Substanzen die meiste Capacität für das Feuer oder für die Wärme haben, oder, um gleich heiß zu werden, die größte Menge Feuer verlangen, in welchen die Feuertheilchen bey ihrer Bewegung durch die Kleinheit oder Form ihrer Poren am öftersten in ihrer Bewegung aufgehalten werden. Da nähmlich jedes Theilchen hier weniger Kraft hat, so ist eine größere Menge nöthig, damit sie hier dieselbe totale ausdehnende Kraft äußre, oder denselben Grad der Wärme hervorbringe. Da nun die Luft vom Feuer sehr frey durchdrungen werden kann, so soll sie eine sehr geringe Capacität für das Feuer haben, ob ihr gleich Crawford eine sehr große beylege, welche nähmlich 19 Mahl größer, als die

die Capacität des Wassers sey. Diese Angabe, meint de Lüc, sey auf ganz unrichtigen Vorstellungen der Capacität gegründet; bey den Versuchen müsse man nicht gleiche Gewichte, sondern gleiche Volumina vergleichen. So finde man aus denselben Versuchen die Capacität der Luft ungefähr um $\frac{1}{43}$ von der Capacität des Wassers, und dieß sey viel zu wenig, um aus den Veränderungen, welche in einer so geringen Capacität vorgehen könnten, mit Crawford die große bey der Verbrennung entstehende Wärme zu erklären.

Das Feuer besitzt eigene Verwandtschaften, und geht dadurch in die Zusammensetzung der meisten Substanzen der drey Classen, der festen, der flüssigen und der elastisch flüssigen Substanzen ein. Es tritt wesentlich in die Zusammensetzung aller brennbaren festen Körper, und von ihm rührt die Wärme her, welche durch das Verbrennen hervorgebracht wird, wenn die dephlogistisirte Luft sich nicht dabey zerstört, und bloß durch fixe Luft ersetzt wird. Dieß zeigen die Versuche der Herren Lavoisier und la Place über die Verbrennung der Kohle und des Phosphors. Bey der Verbrennung des Phosphors wird nähmlich die dephlogistisirte Luft gänzlich zerstört, bey der der Kohle aber durch fixe Luft ersetzt. Auch wird bey der erstern das Feuer dadurch frey, kömmt zu dem, was der brennende Körper hergibt, noch dazu, und die Wärme wird daher in diesem Falle weit stärker, als in dem andern Falle, wo die dephlogistisirte Luft sich nicht zersetzte. Nach den Versuchen der Herren Lavoisier und la Place ist bey einer gleichen Menge dephlogistisirter Luft die Wärme bey der Verbrennung des Phosphors zu der der Kohle, wie 7 zu 3.

Wenn sich die dephlogistisirte Luft durchs Verbrennen zerstört, so bringt der brennbare Körper zuerst entzündbare Luft hervor. Wenn hingegen die dephlogistisirte Luft nicht zerstört wird, so verbindet sich nun dasjenige, was sonst in die Zusammensetzung der brennbaren Luft kömmt, und das Phlogiston heißt, mit der Luft, und wird dadurch zur fixen Luft. Die Entstehung der entzündbaren Luft in einem brennbaren

baren Körper ist nicht hinreichend, das Verbrennen hervorzubringen; es ist noch nöthig, daß diese Luft, indem sie mit der dephlogistisirten in Berührung kommt, sie einen größern Grad von Wärme besitze, welchen Herr de Lüc nach einem Versuche über die freywillige Entzündung des Baumöhls auf den 275sten Grad seiner Skale, oder ungefähr auf 650 Grad Fahrenh. setzt. Wenn dieser Grad von Wärme, den er die **brennende Wärme** nennt, vorhanden ist, so ist die Erzeugung des Feuers sehr heftig. Herr de Lüc vermuthet, daß diese oder auch noch eine größere Wärme, welche in dem brennenden Körper unterhalten wird, eine von den kräftigsten Ursachen zur Erzeugung neuer Wärme sey, weil hier eine Zerstörung der dephlogistisirten Luft, statt ihrer bloßen Verwandlung in fixe, entstehe. Hierdurch wird nun auch eine fortgesetzte Hervorbringung einer brennbaren Luft, begleitet mit dem nöthigen Grade der Wärme, veranlaßt, welche sich mit der berührten dephlogistisirten Luft entzündet und zersetzt. Durch diese Zersetzung verwandeln sich beyde Luftarten in einen mit freyem Feuer überladenen Wasserdunst. Dieser Dunst bildet die Flamme; die große Hitze, die sich erzeugt, rührt von einer großen Menge von plötzlich befreyetem Feuer, und ihre Helligkeit von der Zersetzung eines Theils dieses Feuers her. Nachdem der Dunst sein Feuer an derjenigen Stelle, welche die Flamme anzeigt, fahren gelassen hat, so vermischt er sich mit der obern Luft, und erhebt sich schnell mit ihr; es folgt also die untere Luft nach, und erneuert unaufhörlich dieselben Wirkungen. Herr de Lüc erläutert dieß durch das Beyspiel der Argandischen Lampe, bey welcher im Innersten des hohlen Dachtes beständig eine große Hitze unterhalten wird. Herr **Argand** brachte über die Flamme seiner Lampe einen Helm mit einem langen Schnabel an, und sammelte durch diese Vorrichtung binnen zwey Stunden eine halbe Unze völlig reines Wasser. Dieß ist ein offenbarer Beweis, daß sich die im Innern des Dachtes erzeugte brennbare Luft mit der dephlogistisirten wirklich zersetze, und einen Wasserdunst bilde.

Auch

Auch die Flüssigkeit entsteht bloß durch die Wirkung des Feuers, welches sich in einer gewissen Menge mit den Theilen des Körpers verbindet. Wenn ein fester Körper durch das Feuer flüssig wird, wie z. B. bey der Schmelzung des Eises, so kann das Feuer hierbey keine Vermehrung der Wärme hervorbringen, sondern seine einzige Wirkung besteht in der Verwandlung des festen Körpers (des Eises) in einen flüssigen (Wasser). Die Wärme, welche hierbey zum Flüssigwerden verwendet wird und folglich für das Thermometer verloren geht, hat Dr. Black die verborgene Wärme des Wassers genannt; de Lüc will sie aber lieber verborgenes Feuer nennen. Nach des Herrn Lichtenberg Aeußerung in einem Briefe vom 10ten März 1785. an Herrn de Lüc mag wohl die Menge dieser verborgenen Wärme bey heißem Wasser immer größer werden, weil eine gleiche Menge heißes Wasser weit mehr Tropfen gibt, mithin flüssiger wird, als kaltes. Es ist also wohl nicht zu bezweifeln, daß diejenige Wärme, welche gebraucht wird, das vorher schon flüssige noch flüssiger zu machen, verborgene werde oder für das Thermometer verloren gehe. Beym Gefrieren des Wassers zeigt sich hingegen gerade das Gegentheil, indem das verborgene Feuer wieder wirksam wird. Es kann aber eine kleine Menge Wassers weit unter dem Gefrierpunkte erkalten, ohne zu gefrieren. Gefriert es aber alsdann durch Berührung, Schütteln u. dgl., so kommt es augenblicklich auf die Temperatur des Eispunktes zurück, und wird folglich wärmer. Diese Wärme ist eine Wirkung des verborgenen Feuers, das die gefrierenden Theile absetzen.

Nach Crawford's Vorstellungen würden sich diese Erscheinungen daher erklären, daß das Wasser mehr specifische Wärme als das Eis besitzt, daß folglich bey der Verwandlung des Eises in Wasser, und bey allen Schmelzungen überhaupt Wärme verloren gehen muß. Allein Herr de Lüc bestreitet die Crawford'schen Vorstellungen von Capacität, d. h. von Fähigkeit, Feuer zu binden oder von specifischer Wärme. Zuerst bemerkt er, es sey unsicher, die specifischen Capaci-

Capacitäten der Substanzen aus Versuchen mit einerley Substanz unter verschiedenen Temperaturen abzuleiten, weil sich sehr wahrscheinlich die specifische Wärme der Körper mit ihrer Temperatur zugleich ändere. Hierauf setzt er hinzu, daß die Capacität, d. h. nach ihm die Menge von Feuer, welche in einer gewissen Substanz nöthig ist, um einen bestimmten Grad der Ausdehnung hervorzubringen, von der Beschaffenheit der Poren der Körper abhange, und bey gleichen Graden der Ausdehnung dennoch verschieden seyn könne; daher sey es irrig, die absoluten Mengen der specifischen Wärme proportional anzunehmen. Ueber dieß setzten alle Crawford'sche Berechnungen, welche sich auf Grade des Thermometers bezögen, und deren Unterschiede als absolute Mengen der Wärme betrachteten, voraus, daß man die absoluten Mengen der Wärme in den Körpern kenne, welches gleichwohl der Fall nicht sey; daher auch in dem Gange der Schlüsse, woraus Crawford absolute Wärme zu bestimmen suche, ein irriger Cirkel sey. Man sey durch Braun's Versuch über das Gefrieren des Quecksilbers verleitet worden, zu glauben, daß man die absolute Wärme, als noch sehr groß, bey den niedrigsten Temperaturen, die wir beobachten können, ansehe; allein die neueren Versuche des Herrn Hutchin's gäben hiervon ganz andere Begriffe. M. s. Gefrierung. Endlich fügt er noch hinzu, die ganze Vorstellung von Capacität erkläre bloß einen Nebenumstand, und lasse die Hauptfrage, wie und wodurch das eigentliche Schmelzen u. s. bewirkt werde, ganz unbeantwortet.

Nach Herrn de Lüc erfolgt vielmehr das Zerschmelzen der festen Körper aus einer chemischen Verbindung des Feuers mit ihren Theilen; die Verminderung der Wärme aber rührt daher, weil das Feuer, welches mit den Körpertheilen chemisch gebunden wird, hierdurch selbst aufhört zur Wärme beyzutragen. Dieß geschieht wenigstens in allen Fällen, wo das Schmelzen unmittelbar durch die Wärme allein bewirkt wird. In andern Fällen hingegen, wo mehrere chemische Operationen mit im Spiele sind, wie z. B.

bey der Mischung von Eis mit Kochsalz, scheint weniger Feuer verloren zu gehen; die Ursache davon liegt darin, weil das Kochsalz durch seine Auflösung und Zersetzung das in ihm enthaltene Feuer mit hergibt.

Ueberhaupt behauptet Herr de Lüc, daß die meisten Körper verborgenes Feuer enthalten, und daß besonders in den luftförmigen Stoffen das Feuer das fortleitende Fluidum ausmache. Er bemühet sich, sehr umständlich zu zeigen, daß der Grad der fühlbaren Wärme mehr von der Erzeugung und Zersetzung der luftförmigen flüssigen Stoffe, als von der Capacität der Körper abhange, und daß besonders die reine und brennbare Luft sehr viel Feuer enthalte. Uebrigens leitet er die Unterschiede der Luftarten von den verschiedenen Verwandtschaften ihrer Bestandtheile mit dem Feuer her.

Herr Gren *), welcher zuletzt die Physik nach dem dynamischen Systeme vortrug, nimmt ebenfalls eine eigene Wärmematerie an, und hält sie für eine von der Lichtmaterie wesentlich verschiedene Materie. Aus der sehr oft Statt findenden Coexistenz des Lichts mit Wärmestoff, sagt er, folge nicht ihre Idendität; folge nicht, daß auch der Wärmestoff die alleinige Ursache des Leuchtens sey. Der Wärmestoff afficire nur unser Gemeingefühl, das Licht nur unser Gesicht; beyde müßten also wesentlich verschieden seyn, wie es auch ihre übrigen Erscheinungen und Gesetze wären, die sie befolgten. Wäre das Licht sehr verdichteter Wärmestoff, so müßte nach einer ganz natürlichen Folge bey jedem Leuchten eine hohe Temperatur zugegen seyn, wogegen doch die Erfahrung spreche. Das Licht aber sonst für eine Modification des Wärmestoffs erklären, ohne eine modificirende Ursache anzunehmen, heiße Wirkung ohne Ursache zu behaupten.

Wenn es nun wirklich einen Wärmestoff gibt, der unter gewissen Umständen in Körpern gebunden, und unter andern wieder entbunden wird; so könnte man wohl mit Recht behaupten, daß er eine irdische Materie wäre. Daher muß er

*) Grundriß der Naturlehre. Halle 1797. 8. §. 800.

er auch die Eigenschaften aller irdischen Stoffe, unter andern auch eine Schwere gegen andere Körper besitzen. Da nun bis jetzt noch kein Mittel erfunden ist, wodurch man die Ponderabilität desselben außer allem Zweifel setzen könnte, so ist auch der Satz, daß die Wärmematerie schwer sey, vielfältig bestritten worden. Schon Boerhaave bezweifelte seine Schwere, weil sein Elementarfeuer im ganzen Weltraume gleichförmig verbreitet sey, indem es sich durch die Wirkung der Schwere um die Körper herum würde verdichten müssen. Nach seiner Meinung besitzt es bloß Elasticität und werde nach keiner Gegend besonders hingetrieben. Boerhaave glaubte nähmlich, sein Elementarfeuer wirke bloß mechanisch durch Stoß und Bewegung, nicht durch Anziehung oder chemische Verbindung. Viele andere aber haben dagegen bey der Abwägung glühender oder stark erhitzter Körper eine Gewichtszunahme bemerken wollen. Andere Versuche scheinen hiervon vielmehr das Gegentheil darzuthun. So fand Muſſchenbroek α) glühendes oder geschmolzenes Zinn und Bley in der Luft gewogen leichter, als kaltes, und macht daher den Schluß, man könne aus solchen Abwägungen eigentlich gar nichts folgern. Es kommt hierbey bloß darauf an, ob die Ausdehnung durch die Hitze den Verlust am Gewichte in der Luft mehr vergrößert, als ihn die Erhitzung und Ausdehnung der Luft selbst vermindert. So bemerkt Boerhaave, daß von zwey gleichwiegenden Metallstäben der eine leichter werde, wenn man eine glühende Kohle über ihn, schwerer, wenn man sie unter ihm halte. Im erstern Falle wird nähmlich die obere Luft verdünnt, und die untere hebt nun den Stab stärker; im andern Falle hingegen erfolgt das Gegentheil. Neuere Versuche von Fordyce β) schienen wirklich zu bestätigen, daß der Beytritt der Wärmematerie die Körper am Gewichte vermindere. Dieser fand nähmlich nicht nur Gold bey starker

α) Introd. ad ver. philos. Tom. II. §. 1581.

β) Philos Transact. Vol. XXXV. 1785 P. II. n. 21. und im Gothaisch. Magazin, B. IV, St. 4. S. 49 f.

Erhitzung leichter, als sonst, sondern er nahm auch an 1700 Gran Wasser, die er in einem hermetisch verschlossenen Gefäße, bey einer Temperatur von 32 Grad Fahrenheit zu Eis frieren ließ, bey der Gefrierung eine Gewichtszunahme von $\frac{1}{16}$ Gran wahr. Diesen nähmlichen Versuch haben **de Morveau, Gouvenain** und **Chaussier** zu Dijon *) mit gleichem Erfolge wiederhohlt, auch zwey Pfund Vitriolöhl gefroren und 3 Gran schwerer, als im flüssigen Zustande, gefunden.

Diesen Versuchen zu Folge nahm vormahls Herr **Gren** an, daß der Wärmestoff nicht allein ganz ohne Schwere sey, sondern daß er sogar absolut leicht, d. i., negativ schwer sey, oder daß er von der Erde abwärts zu gehen ein Bestreben habe, und eine Verminderung der Körper am Gewichte durch seinen Beytritt verursache. In der Folge hat er zwar diese Idee von der negativen Schwere des Wärmestoffs aufgegeben, aber doch immer noch behauptet, daß der Beytritt des Wärmestoffs eine Verminderung des Gewichts der Körper verursache, wenn er gebunden oder latent gemacht werde. Denn, sagt er, wenn der Wärmestoff in den Körpern durch die Cohärenz mit ihren Theilen zum unmerkbaren, und so seine ursprüngliche Expansivkraft ruhend gemacht wird, so hebt er auch dagegen die Schwerkraft der Theilchen, mit welchen er verbunden wird, auf, und bewirket solcher Gestalt eine Abnahme des Gewichts des ganzen Körpers. Bey erhitzten Körpern sey freylich die Abnahme ihres Gewichts zum Theil von der Zunahme ihres Volumens abzuleiten, wodurch nun ihr respektives Gewicht beym Wägen in der Luft kleiner werden müsse. Indessen sey bey mehreren Körpern diese Rarefaction derselben nicht groß genug, um daraus allein die Gewichtsabnahme erklären zu können. Es sey lächerlich, sie aus der Verdünnung der Luft umher ableiten zu wollen, da diese offenbar die Vermehrung des respektiven Gewichts hervorbringen müßte. Was es außer allem Zweifel setze, daß der Wärmestoff durch seine Verbin-

*) Journal de physique. Oct. 1785.

Verbindung mit dem schweren Stoffe das Gewicht desselben vermindern könne, sey die Erfahrung, daß bey gleichem Volumen und gleicher Temperatur des Ganzen das Gewicht abnehme, wenn freyer Wärmestoff latent werde, und zunehme, wenn der latente Wärmestoff wieder abgeschieden werde. Er beruft sich hierbey auf die Versuche besonders des Herrn Limbke *). Dieser wog nähmlich glühende Glascylinder, welche er, um die Ausdehnung der umgebenden Luft zu verhüthen, in eine mit Messingblech ausgefütterte Kapsel von Lindenholz einschloß. Den ganzen Apparat kalt gewogen fand er alle Mahl etwas schwerer, als wenn der Glascylinder darin glühend war. Bey einem Cylinder von 374$\frac{13}{16}$ Gran und eine Kapsel von 3 Unzen 18$\frac{1}{2}$ Gran betrug der Unterschied $\frac{1}{4}$ Gran; bey einem Cylinder von 1 Unze 450 Gran mit der vorigen Kapsel war der Unterschied $\frac{3}{3}\frac{1}{2}$ Gran; bey einem Cylinder von 2 Unzen 37$\frac{1}{2}$ Gran und abermahls der vorigen Kapsel fand er den Unterschied 2$\frac{5}{8}$ Gran. Ferner brachte er eine Unze ungelöschten Kalk und eine Unze Wasser in ein Medicinalglas, verstopfte es sorgfältig, und wog es, ehe sich der Kalk löschte. Hierauf brachte er durch Schütteln das Löschen des Kalkes zu Wege, und bemerkte nach dem Erkalten eine Gewichtszunahme von $\frac{1}{16}$ Gran, und nach Verlauf eines halben Tages, da die Masse ganz hart geworden war, eine von $\frac{3}{16}$ Gran. Nach einem andern Versuche bey 1 Unze Kalk und 1$\frac{1}{2}$ Unze Wasser fand sich dieselbe Gewichtszunahme, es stand aber noch $\frac{1}{2}$ Unze Wasser uneingesogen über dem Kalke. Um mit völlig reinem ausgeglüheten Kalke Versuche anzustellen, wurden 2 Unzen Wasser mit einer Scheibe von geschmolzenem Schweinefette überzogen, 1 Unze reiner ätzender Kalk auf das Fett gebracht, und dieses Alles gewogen. Nun ward die Fettscheibe durchs Schütteln zerbrochen, worauf augenblicklich das Löschen erfolgte. Nach einer Stunde ergab sich eine Gewichtszunahme von $\frac{1}{4}$ Gran, den andern Morgen von $\frac{3}{16}$ Gran. Der Versuch ward

*) Versuche über den Wärmestoff, in Gren's Journal der Physik. B. VII. S. 30 f.

ward wiederhohlt, und um manometischer Wirkungen der Luft auszuweichen, ein eben so großes leeres Glas als Gegengewicht gebraucht. Am andern Morgen fand sich eine Gewichtszunahme von 0,43 Gran. Endlich übergoß Hr Eimbke eine Menge getrockneter Erbsen in einem Glase mit 2 Unzen Wasser, verschloß das Glas, wie gewöhnlich, und wog es gegen ein zugekittetes leeres Glas. Nach 24 Stunden, da beynahe alles Wasser verschwunden war, fand sich eine Gewichtszunahme von 0,29 Gran. Nach Herrn Gren's Bemerkung hat diesen Versuch schon Friedrich Hofmann angestellt, und die Zunahme des Gewichts wird hier dem Entweichen des Wärmestoffs, welcher vorher den Zustand des flüssigen Wassers bewirkte, zugeschrieben.

Daß sich aber aus allen diesen Versuchen noch gar nicht der richtige Schluß machen lasse, daß die Körper durch den Beytritt des Wärmestoffs leichter würden, läßt sich schon aus den Schwierigkeiten, welche bey Versuchen dieser Art vorfallen, leicht begreifen. Denn schon die geringsten Abänderungen der Temperaturen werden die angeführten äußerst geringen Gewichtsunterschiede hervorzubringen im Stande seyn. Indessen führet Herr Pictet [α]) über das Aufsteigen der Wärme einen merkwürdigen Versuch an. Er erhitzte im luftleeren Raume die Mitte eines Messingstabes durch ein Brennglas, und fand, daß alle Mahl das obere Ende schneller und stärker erwärmt war, als das untere, was auch für ein Ende nach oben gebogen seyn mochte. Pictet scheint daher ebenfalls geneigt, der Wärme ein Bestreben abwärts von der Erde beyzulegen. Auch Herr Achard [β]) hat einige Versuche über das Aufwärtssteigen der Wärme angestellt. Er stellte mehrere Thermometer über einander, und brachte zwischen dieselbe heiße Kugeln oder verschlossene Gefäße mit warmen Wasser; hier fand er beständig das obere Thermometer stärker erwärmt, als das untere. Hieraus schließt er mit

α) Versuch über das Feuer. Aus d. Franz. Tüb. 1790. 8.

β) Mém. de l'Acad. roy. des scienc. depuis l'avénement de *Fred. Guill. II.* au trone a 1788 et 1789. Ber. 1793.

mit Lambert [a]), daß der Wärmestoff specifisch leichter, nicht aber, daß er absolut leicht sey. Herrn de Lüc's Gedanken über die Leichtigkeit des Feuers, welche er bey Gelegenheit des eben angeführten Pictet'schen Versuchs angeführt hat [b]), sind folgende. Zuerst bemerkt er, daß man solche Phänomene eines unerwarteten Aufsteigens der Stoffe ohne bekannte Ursache nicht gleich für Anzeigen eines Emporsteigens annehmen müsse, weil sich dergleichen in mehreren Fällen zeigen, und aus besondern Ursachen erklären lassen. So habe er z. B. an einer silbernen vergoldeten Spiralfeder seiner Hygrometer ein solches unerwartetes Aufsteigen des Wassers beobachtet, bey genauerer Untersuchung aber die Ursache davon gar bald in der Adhäsion der Wassertheilchen entdeckt. Er glaubt gewiß, daß sich die Ursache des von Herrn Pictet beobachteten Phänomens ebenfalls werde entdecken lassen; allein auch ohne diese Entdeckung hält er es für natürlicher, dabey eine eigenthümliche Ursache zu vermuthen, als eines einzigen Phänomens wegen, bey dem mehrere Ursachen zugleich Statt finden können, dem Feuer absolute Leichtigkeit zuzuschreiben. Da er die Sonnenwärme nicht als die unmittelbare Ursache der Wärme ansieht, so glaubt er, die Erde würde gar keine Wärme behalten können, wenn das von der Sonnenwärme erregte Feuer seiner Natur nach die Erde zu verlassen strebte. Als expansible Flüssigkeit habe das Feuer ein Bestreben, sich nach allen Seiten auszubreiten; es sey aber auch, wie alle andere atmosphärische Flüssigkeiten gegen die Erde schwer, und folge daher bey seiner Verbreitung in der Atmosphäre den allgemeinen Gesetzen elastischer Stoffe. Die einzige Substanz, welche unsere Erde verlassen könne, sey das Licht, nicht als ob selbiges nicht gravitire, oder sonst von andern expansibeln Flüssigkeiten verschieden sey, sondern bloß wegen der Eigenschaft seiner Theilchen, sich in geraden Linien zu bewegen. Wenn die Theilchen der übrigen expansi-

[a]) Pyrometrie. §. 416 f.
[b]) Zehnter Brief an de la Metherie aus *Rozier* journal de phys. Nov. 1790. übers. in Gren's Journ. der Physik. B. V. S. 460 ff.

beln Flüssigkeiten dieselbe Eigenschaft besäßen, so würde unsere Erde gar keine Atmosphäre haben. So aber änderten sie ihre Richtung unaufhörlich, und da die Gravitation sie retardire, wenn sie aufstiegen, hingegen sie beschleunige, wenn sie hinabfliegen, so blieben sie auf solche Art bey der Erde zurück. Uebrigens beruhen alle seine Erklärungen auf das atomistisch mechanische System des Herrn **le Sage**.

Nachdem endlich Herr **Gren** das dynamische System angenommen hatte, so hat er auch diese Idee gänzlich aufgegeben, daß der Bentritt des Wärmestoffs die Körper leichter machte. Vielmehr behauptete er, daß der Wärmestoff eine rein expansible Flüssigkeit sey, d. h. eine solche, deren Theile bloß der ausdehnenden Kraft, und keiner andern Kraft, folgen. So strömen, sagt er, die Wärmestoffstheilchen mit dem Lichte von der Sonne nach allen Richtungen aus, ohne durch Schwere an die Sonne gefesselt zu seyn, und so gehen sie von der Erde, da, wo sie frey und in ihrer Expansivkraft thätig zu werden anfangen, nach allen Richtungen, ohne gegen den Mittelpunkt der Erde zu graviтiren. Daher können sie nicht, wie die schwere Luft, um die Erde herum eine bleibende Atmosphäre bilden. Da also der Wärmestoff nicht schwer ist, so können auch seine Quantitäten durchs Gewicht gar nicht bestimmt werden, und seine Vermehrung und Verminderung in den Körpern könne, wie auch die Erfahrung lehre, das Gewicht des Körpers weder vermehren noch vermindern. Der Wärmestoff sey demnach als imponderable Substanz zu betrachten. Auch sey er ursprünglich expansibel; denn wir kennten keine Substanz, und keine einzige Erfahrung zeige uns eine solche, von welcher wir die Expansibilität des Wärmestoffs ableiten könnten. Es müßte also der Wärmestoff sich von dem Orte aus, wo er frey werde, ins Unendliche verbreiten, und seine Dichtigkeit, mithin seine Expansivkraft oder seine Kraftäußerung müßte daher endlich Null werden, weil er seiner Verbreitung durch sich selbst und durch seine eigene Ausspannungskraft nicht Gränzen setzen könne. Dieß würde auch geschehen, wenn

nicht

nicht dem freyen Wärmestoffe durch Anziehungskräfte anderer Materien dagegen in seiner Ausspannungskraft Gränzen gesetzt, und er also dahin gebracht werden könnte, seinen Raum mit Beharrlichkeit zu erfüllen. — Herr **Gren** scheint hier gegen die ersten Grundsätze der dynamischen Physik einen Irrthum begangen zu haben. Er behauptet selbst, daß die Möglichkeit der Materie nur aus dem Conflikt der beyden Grundkräfte, der anziehenden und abstoßenden Kraft, eingesehen werden könne. Wenn also der Wärmestoff eine reelle Materie seyn soll, so kann er auch nicht eine bloß rein expansible Flüssigkeit, ohne Anziehung, seyn. Muß man ihm also Anziehung beylegen, so muß er, wie jede andere Materie, anziehend und zurückstoßend wirken können. Dieß läßt sich aber nicht gedenken, ohne auch von andern Materien angezogen zu werden, d. h., ohne schwer gegen andere Materie zu seyn. Gäbe es für den Wärmestoff eine undurchdringliche Hülle, so daß man ihn verdichten könnte, so würde man ihn auch gewiß abwägen, und seine Ponderabilität bestimmen können. —

M. s. **Franz Xaver Baader** vom Wärmestoff, seiner Vertheilung, Bindung und Entbindung, eine Probeschrift. Wien u. Leipz. 1786. 4. **De Lüc** neue Ideen über die Meteorologie. A. d. Franz. Berl. 1787. 8. **Marcus August Pictet** Versuch über das Feuer. A. d. Franz. Tübing. 1790. 8. Recherches physico-mécaniques sur la chaleur par *Pierre Prevost*. à Genev. et Paris 1798. 8. **Gren** Grundriß der Naturlehre. Halle 1797. 8. §. 488 ff.

Wärme, absolute, s. **Wärmemesser**.

Wärme, specifische, eigenthümliche (Wilke), comparative, Capacität für Wärme (Crawford), wärmebindende Kraft (Baader) (calor specificus, comparatiuus, capacitas caloris recipiendi, chaleur specifique, comparative, capacité pour recevoir de la chaleur). Hierunter versteht man das Verhältniß der Menge von Wärmetheilchen, welche in einem Körper eine gewisse

Veränderung seiner Temperatur hervorbringt, zu der Masse, oder, nach andern, zum Volumen des Körpers. Es ist schon im vorigen Artikel angeführt worden, daß nicht alle Körper von gleicher Masse oder gleichem Volumen, wenn eine gleiche Veränderung der Temperatur Statt finden soll, eine gleiche Menge freyer Wärme dazu nöthig haben. Denn es gibt Körper, welche weit weniger freye Wärme aufnehmen, als andere, und gleichwohl mit diesen einerley Wärme am Thermometer zeigen. Wenn daher ein Paar solche Körper einerley Temperatur besitzen, und an derselben einerley Veränderung erleiden, so schreibt man demjenigen Körper, der zu dieser Veränderung doppelt so viel freye Wärme aufnehmen oder verlieren muß, als der andere, eine doppelt so große specifische Wärme, oder doppelt so viel Capacität zu, als dem andern.

Wenn z. B. 1 Pfund Quecksilber und 1 Pfund Wasser, welches eine höhere Temperatur, als jenes besitzt, mit einander zusammengerührt werden, so wird die Wärme des Gemenges allemahl größer seyn, als das arithmetische Mittel der vorigen Temperaturen; ist aber das Quecksilber heißer, als das Wasser, so wird die Temperatur kleiner seyn, als das arithmetische Mittel. Werden z. B. 1 Pfund Quecksilber von 110 Grad Fahrenh. und 1 Pfund Wasser von 44° mit einander vermengt, so sollte nach der im vorigen Artikel angeführten Richmannschen Regel die Temperatur des Gemenges 77° werden, sie wird aber nur 47°; und wenn das Quecksilber 44°, und das Wasser 110° hat, so wird sie 107°. Wenn also das Pfund Quecksilber 63° durch Vertheilung verliert, so gewinnt das Wasser nur 3°, und wenn hinwiederum das Wasser nur 3 Grad verliert, so gewinnt das Quecksilber 63 Grad.

Wenn daher die Temperatur eines Körpers A um n Grade wächst, oder abnimmt, während die Temperatur des damit vermengten Körpers B von gleichem Gewichte um m Grade abnimmt, oder wächst, so kann man schließen, daß so viele Wärmetheilchen, als den Körper A um n Grade

wärmer

wärmer machen können, ein eben so großes Gewicht von B um m Grade erwärmen; und daß, wenn A und B bey gleichem Gewichte gleiche Temperatur haben, die Quantitäten der freyen Wärmetheilchen darin sich verhalten, wie m : n. Eben dieß Verhältniß der Quantitäten freyer Wärmetheilchen in ungleichartigen Körpern bey gleicher Temperatur und gleichem Gewichte (oder gleichem Volumen,) nennt man die **specifische Wärme**. Dieser Begriff ist also relativ. Man kann nicht bestimmen, wie groß z. B. die specifische Wärme des Quecksilbers an sich sey, sondern bloß, wie sie sich zur specifischen Wärme einer andern Substanz, z. B. des Wassers, verhalte. Da nach dem vorigen Beyspiele die Wärme des Wassers bey der Vermengung mit gleich viel Quecksilber um 1 Grad wächst, oder vermindert wird, während die des Quecksilbers um 21 Grad vermindert wird, oder wächst, so schließt man, daß so viele Wärmetheilchen, als das Wasser um 1 Grad wärmer machen können, ein eben so großes Gewicht Quecksilber um 21 Grad erwärmen. Wenn also Wasser und Quecksilber bey gleichen Gewichten gleiche Temperatur haben, so müssen die freyen Wärmetheilchen in jenen sich zu den in diesen verhalten, wie 21 : 1. Will man die Vergleichung nach dem Volumen anstellen, wo das Quecksilber, das mit 1 Pfunde Wasser gleichen Raum einnimmt, 14 Pfund wiegt, mithin 14 Mahl mehr Wärme als Wasser, um gleiche Temperatur zu erhalten; so würde das Verhältniß der specifischen Wärme des Wassers und des Quecksilbers = 21 : 14 = 3 : 2 seyn.

Nimmt man nun die specifische Wärme irgend einer sich immer gleich bleibenden Substanz, z. B. des Wassers, zur Einheit an, so läßt sich eine jede andere specifische Wärme durch eine Zahl ausdrucken. Setzt man die des Wassers = 1, so ist die des Quecksilbers = $\frac{1}{21}$ (oder nach dem Volumen verglichen = $\frac{2}{3}$). Diese Zahlen dienen alsdann auch die specifischen Wärmen unter einander selbst zu vergleichen.

Wenn man die so nach dem Verhältnisse der Gewichte oder Massen bestimmte specifische Wärme einer Substanz durch

durch die Zahl multiplicirt, welche das specifische Gewicht dieser Substanz (das des Wassers = 1 gesetzt,) angibt, so bekömmt man die Zahl, welche der specifischen Wärme, nach dem Volumen verglichen, zugehört. Für das Quecksilber ist $\frac{1}{21} \cdot 14 = \frac{2}{3}$.

Diese wichtige Lehre von der specifischen Wärme ist erst in den neuesten Zeiten bearbeitet worden. Es hatte zwar schon **Boerhaave** [a]), oder vielmehr auf dessen Veranstaltung **Fahrenheit** Versuche gemacht, die leicht hierauf hätten leiten können; allein man schloß hieraus nicht auf das, worauf die Versuche hinwiesen. Man vermischte nähmlich Massen von gleichem Gewichte und verschiedenen Temperaturen, und suchte die Temperatur der Mischung. Hierbey glaubte man durch einen sonderbaren Irrthum verleitet zu finden, daß die Wärme der Mischung die Hälfte der Differenz der beyden Temperaturen der vermischten Masse sey, da sie doch ihre halbe Summe ist. Die wahre Regel fand nachher **Richmann**, welche unter dem vorigen Artikel angeführt ist. Auch ließ **Boerhaave** unter andern Quecksilber und Wasser unter ungleichem Volumen vermischen, um die Vertheilung der Wärme zu erfahren. Der Erfolg war, daß 3 Maß Quecksilber mit 2 Maß Wasser zusammengegossen eben die Wärme geben, welche gleiche Theile Wasser zusammengegossen gaben, es mag das Quecksilber oder das Wasser wärmer seyn. Aus diesem Versuche, in welchen die Entdeckung liegt, daß 3 Maß Quecksilber eben so viel Wärme mittheilen, als 2 Maß Wasser, schloß **Boerhaave** bloß dieß, daß sich das Feuer nicht nach der Dichtigkeit der Körper vertheile, und glaubte daraus eine Bestätigung seines Satzes zu finden, daß die Vertheilung nach den Räumen erfolge.

Den ersten Gedanken von der specifischen Wärme findet sich beym **de Lüc** [β]). Im Jahre 1772. bemerkt er mit ausdrücklichen Worten, daß er Gleichheit der Wärme in Körpern von verschiedener Natur für nichts anders halte, als für

[a]) Element. chem. To. I. P. 2.

[β]) Unters. über die Atmosphäre. Th. II. §. 973.

für eine gleiche Abneigung, Feuer aus sich zu lassen, oder neues aufzunehmen.

Der erste, welcher die Gesetze der Vertheilung freyer Wärme unter verschiedene Stoffe genau untersucht, und den Begriff der specifischen Wärme festgesetzt hat, ist **Wilke.** Er machte diese Entdeckung im Jahre 1772, bey Gelegenheit seiner Versuche über die Kälte des Schnees beym Schmelzen. Seine Methode zur Bestimmung der specifischen Wärme ist folgende. Einen auf bestimmten Grad erwärmten Körper taucht er in eiskaltes Wasser, das mit jenem Körper genau von gleichem Gewichte ist. Hierauf berechnet er nach **Richmann's** Regel, wie viel gleich warmes Wasser nöthig gewesen wäre, dem eiskalten Wasser denselben Wärmegrad zu geben, welcher sich zeigt, wie viel mehr oder weniger Wärme der Körper unter gleichem Gewichte und bey gleicher Temperatur mit dem Wasser mittheile. Wird z. B. ein Goldstück von 100° Wärme nach schwedischer Skale in eiskaltes Wasser von gleichem Gewichte getaucht, und das Gemenge erhält die Temperatur von 5° Wärme, so ergibt sich aus der Regel, daß man ein und eben derselben eiskalten Wassermasse nur $\frac{1}{19}$ kochendes, oder auf 100 Grad erhitztes Wasser hätte beymischen dürfen, um in der Mischung dieselbe Temperatur von 5° Wärme zu erhalten; indem das unter dem Artikel, **Wärme**, angeführte Verhältniß $x - t : T - x$ (wo $T = 100$, $t = 0$, und $x = 5$) $= 5 : 100 - 5 = 5 : 95 = 1 : 19$ wird. Folglich gibt $\frac{1}{19}$ Loth Wasser eben so viel Wärme her, als 1 Loth Gold bey gleicher Temperatur. Da bey dieser Methode t allemahl o ist, so sieht man leicht, daß das gesuchte Verhältniß der Fähigkeit des Körpers gegen die Fähigkeit des Wassers überhaupt $= x : T - x$ wird, wenn unter T die Temperatur des eingetauchten Körpers, und unter x die Temperatur des Ganzen nach geschehener Eintauchung oder des Gemenges angedeutet wird.

Wilke war der erste, der hierbey die verschiedene Fähigkeit der Körper, Wärme herzugeben und aufzunehmen, in

so fern sie den Körpern überhaupt ohne Rücksicht auf ihr Volumen eigen ist, und in so fern dabey ihr Volumen oder Größe betrachtet wird, unterschied. Die Bestimmung des Verhältnisses der Körper bey gleichem Volumen nannte er die relative Wärme, und in dieser Rücksicht war sie schon von mehreren Naturforschern beobachtet worden; in der ersten Rücksicht aber sahe er sie als etwas den Körpern ganz Eigenthümliches an, und gab ihr den Nahmen specifische Wärme. Nimmt man überhaupt die specifische Wärme des Wassers in dieser letzten Bedeutung $=1$ an, so ist die specifische Wärme des eingetauchten Körpers $=\frac{x}{T-x}$; hieraus läßt sich alsdann die relative Wärme durch die Multiplication mit derjenigen Zahl, welche das specifische Gewicht des Körpers ausdruckt, finden, wenn nähmlich das specifische Gewicht des Wassers ebenfalls $=1$ gesetzt wird. Druckt man also jenes specifische Gewicht durch g aus, so wird die relative Wärme $=\frac{x}{T-x}\cdot g$. Fürs Gold wird also die specifische Wärme $=\frac{1}{19}$ und die relative $=\frac{1}{19}\cdot 19=1$, oder der des Wassers gleich.

Herr Wilke fand durch seine Versuche die specifische Wärme eines jeden Körpers für alle Temperaturen zwischen dem Frost- und Siedpunkte ziemlich übereinstimmend, und schloß daher, daß die specifische Wärme innerhalb dieser Gränzen als beständig angenommen werden könne.

Auch haben sich mit diesem Gegenstande die beyden Herren Dr Black und Irwine beschäftigt, und zwar noch etwas früher, als Wilke; ihre Resultate wurden aber erst nach des letztern im Jahre 1772 gemachten Entdeckungen, besonders durch Crawford's darauf gebaueten Theorie bekannt. Ihre Methode ist im Grunde mit der des Herrn Wilke einerley, nur abgekürzter und auf eine eigene Betrachtung gegründet. Setzt man nähmlich die Massen zweyer Substanzen M und m, ihre Temperaturen T und t die

Wärme-

Wärmemengen, welche jeder Substanz zugeführt werden müssen, um ihre Temperatur um 1 Grad zu erhöhen, μ und ν, und die Temperatur ihrer Mischung $= x$, so wird der wärmere Körper, der um $T - x$ Grade erkaltet wird, und für jeden Grad μ verliert, in seiner ganzen Masse zusammen $M\mu\ (T - x)$ verlieren; dagegen wird der kältere, welcher um $x - t$ Grad erwärmt wird, und für jeden Grad ν Wärmemengen erhält, in seiner ganzen Masse m zusammen $m\nu\ (x - t)$ bekommen. Nun wird aber vorausgesetzt, daß gar keine freye Wärme verloren gehe, sondern vielmehr die Wärmemengen vor und nach der Mischung sich gleich bleiben; woraus also folgt, daß der Verlust des wärmern Körpers genau so groß seyn müsse, als der Gewinn an Wärme, den der kältere macht; folglich ist

$$M\mu\ (T - x) = m\nu\ (x - t) \text{ und}$$
$$\mu : \nu = (x - t)\ m : (T - x)\ M.$$

Könnte man nun ferner annehmen, daß μ und ν für einen jeden Grad gleich viel betragen, so würden die Wärmemengen, welche nöthig wären, um die Temperatur beyder Körper um gleich viel zu ändern, oder ihre comparative Wärme in dem Verhältnisse $(x - t)\ m : (T - x)\ M$, und wenn die Massen M und m gleich sind, in dem Verhältnisse $x - t : T - x$ seyn: d. h.

Die specifischen Wärmen zweyer Körper von gleichen Massen sind im umgekehrten Verhältnisse des Unterschiedes zwischen der freyen Wärme ihrer Mischung (x) und der freyen Wärme eines jeden vor der Mischung (T und t) [a].

Wenn die specifische Wärme des Wassers $= 1$ gesetzt wird, so wird für eine jede Substanz, wenn die andere, das Wasser, von der Temperatur t ist, die specifische Wärme

$$= \frac{m\ (t - x)}{M\ (T - x)}, \text{ die relative} = \frac{m\ (t - x)}{M\ (T - x)} \cdot g.$$ Nimmt man

a) S. *Magellan* essai sur la nouvelle theorie du feu elémentaire et de la chaleur des corps. à Lond. 1780. 4.

man nach Wilkens Methode die Temperatur $t = o$, d. i., die des eiskalten Wassers an der schwedischen Skale, so verwandelt sich der Ausdruck bey gleichen Massen in $\frac{x}{T - x}$, wie oben schon gefunden worden.

Black und Irwine mischten ein Quartier siedendes Wasser mit einem Quartier eiskalten Quecksilber, und fanden die Temperatur der Mischung 140° Fahrenh. Da hier also die Massen ungleich sind, und das specifische Gewicht des Quecksilbers vierzehn Mahl größer als das des Wassers ist, so ist $M = 14$ und $m = 1$. Also wird das Verhältniß der specifischen Wärmen des Quecksilbers und des Wassers

$$1 . (140 - 212) : 14 (32 - 140) = 72 : 14 . 108 = 1 : 21.$$

Diesen Versuch sollen die erwähnten Herren zu Glasgow vor Wilken gemacht haben.

Nach diesen Grundsätzen hat man die specifischen Wärmen mehrerer ungleichartigen Substanzen untersucht, und die Resultate derselben in Tabellen gebracht. Einer von den ersten, welcher mit vieler Sorgfalt die specifische Wärme verschiedener Körper zu bestimmen gesucht hat, war Crawford; noch mehr aber beschäftigte sich Kirwan mit diesem Gegenstande, und brachte die Resultate zuerst in eine Tabelle, welche er seinem Freunde Magellan mittheilte, der sie in seiner angeführten Schrift bekannt machte. Eine vollständigere Tabelle findet sich beym Bergmann [α]), und aus selbigem beym Baader [β]). Eine neuere Tabelle, mit vielen eigenen Versuchen vermehrt, gibt Gadolin [γ]). Die Herren Lavoisier und la Place haben die Angaben der Tabellen noch mehr zu berichtigen gesucht, und selbst Crawford hat in der neuen Ausgabe seines Werkes die vormahligen angeführten Resultate beträchtlich abgeändert.

Versuche dieser Art erfordern viel Genauigkeit, wenn die Resultate von der Wahrheit nicht zu viel abweichen sollen.

Man

α) De attract. elect. in Opusc. Vol. III. p. 437.

β) Vom Wärmestoff. S. 129 f.

γ) De theoria caloris corporum specifici. Aboae 1784. 4. p. 13.

Man muß dabey Quecksilberthermometer gebrauchen, welche nicht allein sehr genau, sondern auch sehr empfindlich sind; ferner muß auch diejenige Wärme, welche während der Vermengung an die umgebende atmosphärische Luft abgesetzt wird, mit in Rechnung gebracht werden; die kältere Substanz muß die Temperatur der Luft im Zimmer haben, damit sie beym Hinzubringen zu der wärmern nichts davon verliere; außerdem aber muß die specifische Wärme des Gefäßes, worin die Vermengung vorgenommen wird, gehörig bestimmt, und der Einfluß desselben in Anschlag gebracht werden; endlich muß man die Unterschiede der sehr niedrigern Temperaturen so wohl, als der sehr großen vermeiden, und die Volumina der Körper so viel als möglich gleich nehmen. Eine Hauptregel dabey aber ist, keine solche Substanzen mit einander zu vermengen, welche eine chemische Wirkung auf einander äußern, sich wechselseitig auflösen, oder ihre Form ändern, oder ein zusammengesetztes neues Produkt geben, weil dabey aus den Körpern selbst Wärme frey oder verschluckt werden kann, welche die berechnete Temperatur entweder erhöhen oder vermindern. Wegen der Nichtbeobachtung dieser Hauptregel sind daher bey Crawford's Erfahrungen diejenigen Resultate zu verwerfen, welche er bey der Bestimmung der comparativen Wärme der Metallkalke, der Asche, des Holzes, der brennbaren Luft, des Weizens, der Hafergrütze, der Bohnen, der Gerste, des Fleisches, des Blutes u. a. herausbringt; eben so auch diejenigen Resultate, welche andere bey der Vermischung mit Wasser und Salzen, Säuren, Alcohol und Eis erhalten haben.

Herr Gren hat folgendes Verzeichniß der specifischen Wärmen verschiedener Körper gegen die zur Einheit angenommene des Wassers bey gleichen Gewichten und Volumen mitgetheilt; dabey aber alle diejenigen Stoffe weggelassen, bey deren Untersuchung die vorige angeführte Hauptregel außer Acht gelassen worden:

	specifisches Gewicht	specifische Wärme bey gleichem Gewicht	specifische Wärme bey gleich. Volumen	
Wasser	1,000	1,000	1,000	
Gold	19,640	0,050	0,966	Wilke
Bley	11,456	0,042	0,478	—
Silber	10,001	0,082	0,833	—
Wißmuth	9,861	0,043	0,427	—
Kupfer	8,784	0,114	1,027	—
Messing	8,356	0,116	0,971	—
Eisen	7,876	0,126	0,993	—
Zinn	7,380	0,060	0,444	—
Zink	7,154	0,120	0,735	—
Spießglaskönig	6,170	0,063	0,390	—
Agath	2,643	0,195	0,517	—
weißes Glas	2,386	0,187	0,448	—
Quecksilber	14,000	0,047	0,658	Black
Flintglas	3,329	0,174	0,597	Crawford
Terpentinöhl	0,792	0,472	0,373	—
Baumöhl	0,913	0,710	0,648	—
Leinöhl	0,928	0,528	0,490	—
Schwefel	1,800	0,183	0,329	—
roher Kalkstein	=	0,256	=	
gebrannter Kalk	=	0,245	=	
atmosphärische Luft	=	1,796	=	
Lebensluft	=	4,749	=	
phlogistisirte Luft	=	0,793	=	
fixe Luft	=	1,045	=	

Alle diese Angaben, wenn man sie auch für richtig annehmen wollte, drucken eigentlich nichts weiter, als das Verhältniß aus, nach welchem sich alle Zusätze von freyer Wärme unter ungleichartigen Körpern vertheilen, oder zu vertheilen streben. Allein man erlaubt sich auch, hieraus auf das Verhältniß aller in den Körpern befindlichen Wärmetheilchen, oder ihrer absoluten Wärme, zu schließen. Hierbey müßte nun vorausgesetzt werden, daß das Verhältniß der specifi-

specifischen Wärme durch alle mögliche Temperaturen unverändert bliebe. Setzte man die absoluten Mengen von Wärme zweyer Körper von gleicher Masse = Y und y, so wäre das Verhältniß ihrer specifischen Wärme = dY : dy; wenn nun dieß Verhältniß einen unveränderlichen Exponenten ε hätte, und im wärmeleeren Körper Y und y zugleich = 0 wären, so müßte aus $dY = \varepsilon dy$ auch $Y = \varepsilon y$ folgen, oder die absoluten Wärmen würden in dem nähmlichen Verhältnisse wie die specifischen seyn. Dieser Schluß würde aber voraussetzen: 1) daß man diejenige Wärme, welche auf die Formänderung der Körper verwendet wird, besonders in Rechnung bringe, weil diese nicht mehr frey wirkt, und sich folglich bey denjenigen Versuchen, wodurch die specifischen Wärmen bestimmt sind, nicht hat zeigen können; 2) daß das Verhältniß der specifischen Wärmen bis zur absoluten Kälte völlig unverändert bliebe. Durch diese Voraussetzungen aber wird der Schluß auf die Verhältnisse der absoluten Wärmen nicht sicher, indem sich die Menge der verschluckten Wärme schon durch eine größere Verdichtung oder Verdünnung der Substanzen ändert.

Wilke und **Crawford** hielten die specifische Wärme für eine Fähigkeit, Wärme aufzunehmen, und in eben dem Maße wieder von sich zu geben. Hieraus folgt aber noch nicht, daß sich die specifischen Wärmen wie die wirklich aufgenommenen Wärmemengen verhielten. Vielmehr haben **Lavoisier** und **la Place** eine ganz andere Methode angegeben, die absoluten Wärmemengen zu entdecken, und ihre Angaben weichen auch in der That von den Verhältnissen der durch die Mengung gefundenen specifischen Wärmen ab. M. s. **Wärmemesser**.

Einen ganz andern Begriff von der specifischen Wärme machen sich **Magellan** und **Bergmann**. Nach ihrer Vorstellung ist sie der einem jeden Körper zugehörige Wärmegehalt, welcher weder dem Gefühl noch dem Thermometer bemerkbar ist. Nur der Ueberschuß über diesen specifischen Wärmegehalt eines Körpers bewirkt die Empfindung der Wärme.

Von dieser empfindbaren Wärme glaubt **Magellan**, daß sie sich, wie **Boerhaaven's** Elementarfeuer, unter alle gleich warme Körper nach dem Verhältnisse der Räume gleichförmig vertheile. Nach seiner Idee hängen die Wärmetheilchen der specifischen Wärme an den Oberflächen der Atomen, die freye oder empfindbare Wärme hingegen läßt er frey durch die Zwischenräume hindurchgehen. Nimmt man nun an, daß gleiche Massen von Quecksilber und Wasser durch Zusätze, welche sich wie 1 zu 21 verhalten, gleichviel an fühlbarer Wärme zunehmen, so muß man sich dabey die Vorstellung machen, als ob jeder Atom des Quecksilbers um 1 Theil specifischen Wärmegehalt mehr annähme, wenn jeder Atom des Wassers 21 Theile annimmt. Wenn nun dieß bey allen möglichen Temperaturen unveränderlich ist, so wird der ganze empfindbare, d. i. hier der specifische Wärmegehalt in jeder Masse Quecksilber 21 Mahl geringer seyn, als in einer gleichen und gleichwarmen Masse Wasser u. s. f. Es sollen also nach dieser Vorstellung die Angaben der Tabellen Verhältnisse der Wärmemengen ausdrücken, welche von den verschiedenen Substanzen gebunden werden, oder fürs Thermometer verloren gehen. Die nähmliche Vorstellung macht sich auch **Kirwan** *) hiervon. Dagegen läugnen aber andere die Bindung der Wärmematerie, und suchen Alles auf die Vermehrung und Verminderung der Capacität zurück zu bringen.

Nach **Crawford** entsteht die große Menge von empfindbarer Wärme, welche bey der Verbrennung u. s. w. sich entwickelt, bloß durch die verminderte Capacität der reinen Luft. Nach seinen vormahligen Angaben wird diese Wärme durch Verbindung mit dem Phlogiston des brennenden Körpers von 87 auf 0,27, d. i., auf ihren 322sten Theil herabgesetzt, welches die freye Wärme 322 Mahl vergrößert. Allein schon Herr **de Lüc** ⁎) hat dagegen erinnert, wenn die Wärme

*) Vers. u. Beobacht. über die Salze und das Phlogiston. A. dem Engl. von Crell. Berlin u. Stett. 1783. Vorber.
⁎) Neue Ideen über die Meteorologie. §. 166.

Wärme eine wirkliche Substanz sey, welche die Ausdehnung bewirke, so müsse man die Capacität der Körper gegen die Wärme vielmehr nach den Räumen, nicht aber nach den Massen vergleichen; nähme man indessen die Luft in demselben Volumen, wie das des Wassers, so würde die Luft ungefähr nur $\frac{1}{43}$ so viel Wärme als das Wasser hergeben, und dieß sey viel zu geringe, um aus den darin vorgehenden Veränderungen die große Hitze der Flamme herzuleiten. De Lüc's Einwurf ließe sich nun zwar nach Crawford's Theorie leicht beantworten; allein Crawford selbst hat nach neuern Versuchen die Capacitäten der dephlogistisirten und atmosphärischen Luft auf $4\frac{1}{3}$ und $1\frac{4}{5}$ herabgesetzt, und dagegen die phlogistisirte und fixe auf $\frac{4}{5}$ und $1\frac{1}{20}$ erhöht. Nach dieser Angabe wird also die Capacität der dephlogistisirten Luft, wenn sie sich in phlogistisirte verwandelt, nur 6 Mahl geringer u. s. f. Ein so beträchtlicher Unterschied dieser Bestimmungen von den vormahligen Angaben kann unmöglich ein günstiges Vorurtheil für die Richtigkeit derselben erwecken. Außer dem kommt noch hinzu, daß die gebrauchten Veränderungen der Temperatur bey den Versuchen selbst sehr klein waren, und kaum $\frac{1}{10}$ eines Fahrenh. Grades überstiegen.

Herr Gren bemerkt *), es sey mit Recht in die Zahlen in den Tabellen über die specifische Wärme der Körper, die wir in den neuern Zeiten erhalten hätten, ein Mißtrauen zu setzen, da man sich durchaus zu den Versuchen, worauf sie sich gründeten, solcher Materien, z. B. des Wassers, bedient habe, die ihre Form durch Abänderung der Temperatur änderten, oder sonst chemisch auf einander wirkten. Er glaube daher immer noch, daß die specifische Wärme der Körper sich verkehrt verhalte, wie die specifischen Gewichte der Körper, und halte also Boerhaaven noch nicht widerlegt, welcher annahm, daß sich die absoluten Quantitäten des freyen Wärmestoffs in ungleichartigen Körpern bey gleichen Temperaturen derselben verhielten, wie die Volumina der Körper; welcher Satz gleichbedeutend mit jenem sey. Bey

*) Grundriß der Naturlehre. Halle 1797. 8. §. 553.

dem Beyspiele von Quecksilber und Wasser dürfte die gemeinschaftliche Temperatur nach der Vermengung des 1 Pfund Quecksilbers von 110° Fahrenh. und des 1 Pfund Wassers von 44° Fahrenh. statt 47 Grad nur 48½ Grad werden (wie es in der Wirklichkeit auch wohl seyn könnte, wenn der entweichende Wasserdampf keine Wärmetheilchen fortführte, oder die sich zerstreuenden Wärmetheile sonst besser in Anschlag gebracht werden könnten) und dann würde die Rechnung der specifischen Wärme des Quecksilbers zu der des Wassers, wie 48,5 — 44 : 110 — 48,5 = 4,5 : 61,5 = 1,000 : 13,677, oder verkehrt wie ihre specifischen Gewichte.

M. s. Baader vom Wärmestoffe. Wien u. Leipz. 1786. 4. B. I. XI. XII. S. 103 f. Gren Grundriß der Naturlehre. Halle 1797. 8. §. 549 ff.

Wärme, thierische (calor animalis s. vitalis, chaleur animale). Die so genannten warmblütigen Thiere bringen aus sich selbst eine freye Wärme hervor, welche zur Fortdauer ihres Lebens nothwendig erforderlich ist, so daß ihre Theile, wenigstens im Innern, sich beständig in einem solchen Wärmegrade befinden, der die Temperatur des umgebenden Mittels übersteigt. Zu den warmblütigen Thieren gehören außer dem Menschen alle Säugethiere und Vögel; die Amphibien und Fische hingegen besitzen schon eine weit geringere, oft ganz unmerkliche Wärme, und können daher schon kaltblütig genannt werden. Was aber die Insekten und Gewürmer betrifft, so nehmen diese ganz die Temperatur der Atmosphäre an, wie wohl die Bienen davon eine Ausnahme machen.

Der Sitz der thierischen Wärme liegt im Blute, und wird durch Circulation desselben den Theilen des Körpers mitgetheilt. In Krankheiten, die an einigen Stellen den Umlauf des Blutes unterbrechen, sind alle Mahl diese Stellen mit Kälte begleitet, so wie diejenigen Glieder, deren Pulsadern unterbunden sind, ebenfalls kalt werden. Bey den Menschen beträgt die Wärme nach genauen Beobachtungen

von Brisson im gesunden Zustande 32½ Grad des Reaumur. Weingeistthermometers, welches nach de Lüc mit 29,9 Grad am Quecksilberthermometer von 80 Graden, oder mit 99¼ nach Fahrenh. übereinstimmt. Auch Martine gibt nach wiederhohlten Beobachtungen 99 Grad Fahrenh. an. Sonst kann aber der menschliche Körper schon in den gemäßigten Himmelsstrichen die gewöhnlichen Veränderungen der Temperatur von 86 bis 16 Grad nach Fahrenh. sehr leicht und ohne merkliche Aenderung der innern Wärme vertragen.

Da also die Blutwärme des Menschen bey so großen Veränderungen des ihn umgebenden Mittels keine merkliche Aenderung erleidet, so muß sich in dem innern Körper beständig so viel freye Wärme erzeugen, als zur Ersetzung des Verlustes, welchen der menschliche Körper durch die Berührung des umgebenden kältern Mittels erleidet, nöthig ist. Setzt man nähmlich die beständige Blutwärme 99 Grade, so wird bey 60° der Atmosphäre die eigene oder selbst erzeugende Wärme 39 Grade betragen müssen; und bey der Temperatur der atmosphärischen Luft von 16 Grad wird eine Erzeugung der Wärme von 83 Grad erforderlich seyn. Wenn indessen die Grade der Kälte sehr heftig werden, und dabey der thierische lebende Körper ohne sonderlich große Bewegung ist, so wird auch die innere Wärme nach und nach geringer; endlich erfriert er, wenn er der Kälte allzu lange ausgesetzt ist. Gleichwohl gibt es Oerter, wo die Kälte bisweilen zum wenigsten den Gefrierpunkt des Quecksilbers oder — 40 Grad erreicht, und doch Menschen und Thiere leben. Blieb auch hierbey die Blutwärme nicht völlig auf ihren gewöhnlichen 99 Graden, so wird man sie doch auch nicht unter 92 Grade finden, so daß beständig eine innere Wärme von wenigstens 132 Graden erzeugt werden muß.

Was die Grade der Hitze anbetrifft, welche die Menschen ausstehen können, so hat Tillot *) gefunden, daß sie in einer bis zum Siedpunkte erhitzten Luft eine viertel Stunde lang aushalten können. Andere Versuche von Fordyce,

 Banks

*) Mémoir. de Paris 1764.

Banks und Solander hat Blagden *) mitgetheilt. Fordyce ließ durch heiße Wasserdämpfe Zimmer erhitzen, und dauerte im bloßen Hemde und in hölzernen Schuhen 5 Minuten lang in 90 Graden, hierauf 10 Minut. in 110, und alsdann noch 20 Minuten lang in 120 Grad. Hitze. Ein Thermometer unter seiner Zunge oder in seiner Hand stand dabey auf 100 Grad, und dieß war auch die Wärme seines Urins. Bey einem andern Versuche hielt er 15 Minuten in 119 Grad, und hierauf 15 Minuten in 130 Grad Hitze aus; seine eigene Wärme aber überstieg nie die Wärme von 100 Graden. In einem durch einen eisernen Ofen geheitzten Zimmer konnte eine ganze Gesellschaft 20 Minuten lang ausdauern, obgleich die Hitze 120 Grad erreicht, und keine Person sich entkleidet hatte. Nachher hielt man 10 Minuten lang eine Hitze von 150 Graden aus. Ferner konnten Solander eine Hitze von 210 und Banks eine von 211 Grade abhalten, und letzterer getrauete sich eine noch größere Hitze auszustehen, ob er gleich Weingeist nur 130, Oehl 129, Wasser 123, und Quecksilber 117 Grade heiß erleiden konnte. In den Zimmern vermochte keiner seine Uhrkette vor großer Hitze zu berühren; die Kleidung aber machte sie eher erträglich, und hielt sie etwas von dem Körper ab. Das Sonderbare bey diesen Versuchen erklärt sich zum Theil aus der schlechten Leitung der Wärme der Luft; daher dem Körper durch ihre Berührung bey weiten nicht so schnell Wärme entzogen und mitgetheilt wird, als durch die Berührung von gleich heißem oder gleich kaltem Weingeist, Wasser, Quecksilber u. s. f. Gleichwohl ist Blagden der Meinung, daß diesen Versuchen zu Folge der thierische Körper nicht allein ein Vermögen besitze, Wärme aus sich zu entwickeln, sondern auch den Ueberschuß derselben zu zerstören, und überhaupt einen unveränderlichen Grad von fühlbarer Wärme zu erhalten.

Uebrigens beweisen eine unendliche Menge von Erfahrungen, daß die vom Herzen entferntern Theile, worin die Menge

*) Philos. Transact. Vol. LXV. P. I. n. 12.

Menge des Blutes geringer und sein Umlauf langsamer ist, von der Beständigkeit der innern Wärme am meisten abweichen, und die Temperatur der äußern ihnen berührenden Mittel schneller und stärker annehmen. So erstarren schon bey mäßiger Kälte Hände, Füße, das Gesicht u. dgl., wenn die innern Theile immer noch eine unveränderte Wärme behalten.

Durch Krankheiten kann dieser beständige Grad der innern Wärme abgeändert werden; allein der Unterschied ist doch nie beträchtlich, und nach den Beobachtungen des **Martine** steigt die stärkste Fieberhitze nicht über 105 bis 108 Grade.

Ueber die Erzeugung und den Ursprung der innern Wärme im thierischen Körper sind die Meinungen der Aerzte und Naturforscher gar sehr verschieden gewesen. Die Alten nahmen an α), daß dem Herzen eine eigene Wärme zugehöre, welche das Blut erhitze, ohne ihren Ursprung weiter zu untersuchen. Selbst **Cartesius** β) glaubte noch mit den Alten, daß dem Herzen eine angeborne Wärme (calor insitus) zukomme.

In der chymischen Schule hatte man indessen angefangen, den Grund der Blutwärme in Aufbrausungen oder Gährungen zu setzen. So hielt **van Helmont** die Mischung des Schwefels mit dem flüchtigen Salze, und **Sylvius de la Boë** die Mischung des dem Körper eigenthümlichen urinösen Blutes mit der Säure des Nahrungssaftes für die Ursache eines mit Hitze begleiteten Aufbrausens. Dagegen aber hatte man den Einwurf gemacht, daß man kein Aufbrausen des Blutes bemerke. Diesen Einwurf suchte **Homberg** γ) dadurch zu heben, daß er verschiedene Versuche mit flüchtigen Alkalien und Säuren angestellt hatte, welche nicht ohne Unterschied ein Aufbrausen in ihrer Vermischung hervorbrachten; es schien dieß erst bemerkbar zu werden, wenn

α) *Hippocrat.* de diaeta l. I. tract. de corde. *Galen.* de vsu part. l. VII. c. 9. 21. de temperamentis II. 3.

β) De homine und de formatione foetus.

γ) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris, 1709.

wenn ein freyer Zutritt der Luft Statt fand. Nach Cromwell Mortimer's α) Meinung soll durch die Gährung Luft aus dem Blute entwickelt werden, welche das Feuer in Bewegung setze. Hamberger β) leitet die Blutwärme von der Auflösung seiner schwefelartigen Theilchen in den laugenartigen her, und sucht sie mit den Erhitzungen der in Gährung begriffenen Stoffen zu vereinigen. Auch andere englische Aerzte haben auf eine ähnliche Art die Ursache der Blutwärme in dem beständigen Hange desselben zur Fäulniß gesucht. Allein alle nachherige Beobachtungen haben gegen diese angeführten Meinungen hinreichend gelehrt, daß sich das Blut mit dem Nahrungssafte sehr ruhig, ohne alles Ausbrausen, vermischen läßt.

Die mechanische Schule glaubte dagegen die Erzeugung der innern Wärme durch die Bewegung des Bluts und durch das daher entstehende Reiben desselben herzuleiten. Unter andern haben besonders diese Meinung Boerhaave γ) und Georg Martine δ) vertheidigt. Ihre vorzüglichen Gründe sind diese: daß durch Bewegung stets mehr Wärme erzeugt werde, und daß die Bewegung bey großen Graden der Kälte das einzige Mittel sey, dem Erfrieren zu entgehen; ferner daß der schnellere Pulsschlag beständig mit mehr Wärme begleitet sey; daß die Wärme durch mehrere Festigkeit und Dichtigkeit der Gefäße zunehme, z. B. bey Erwachsenen größer, als bey Kindern sey; daß Alter und Krankheiten, wodurch der Pulsschlag vermindert werde, alle Zeit Kälte erzeuge, daß im erstarrten Körper immer Wärme sich wieder einfinde, wenn durch irgend einen Reitz die Bewegung des Herzens und der Umlauf des Blutes wieder reger gemacht werde u. s. f. Daraus schloß man, daß sich die Wärme gerade wie die Geschwindigkeit des Blutes, und verkehrt wie der Durchmesser der Gefäße verhalte. Man erklärte

α) Philos. Trans. num. 467. übers. im Hamburger Magazin, B. I. S. 291.
β) Physiologia medica. Ienae 1751. 4. p. 25.
γ) Institut. rei medicae.
δ) De animalibus similibus et animalium calore libri II. Lond. 1740. 8.

klärte daher, warum die Wärme in den verschiedenen Theilen des Körpers einerley sey, weil in den größern Gefäßen größere Geschwindigkeit mit weniger Reibung, in den kleinern hingegen geringere Geschwindigkeit mit mehr Reibung verbunden sey; ingleichen, warum kleine Thiere dieselbe Wärme, wie die großen besitzen, weil sich die gleichgroßen Blutkügelchen in den engern Gefäßen der kleinen Thiere stärker unter einander reiben müßten u. s. f.

Allein alle diese angeführten Gründe sind bey weiten nicht hinreichend, die Erzeugung der thierischen Wärme durch die angeführten mechanischen Operationen zu erklären. Gesetzt auch, das Blut bewegte sich mit einer Geschwindigkeit von $2\frac{1}{2}$ Fuß in einer Sekunde, so ist doch allgemein bekannt, daß andere Flüssigkeiten gar keine Wärme hervorbringen, wenn sie gleich mit weit größerer Geschwindigkeit und stärkerer Reibung durch überaus enge Gefäße getrieben werden. Auch steht die Wärme nicht mit der Geschwindigkeit des Pulses im Verhältnisse. Bey den Versuchen des Solander und Banks stieg die Anzahl der Pulsschläge in den sehr großen Graden der Hitze auf 136 bis 144, und gleichwohl ward die innere Wärme des Körpers nicht ansehnlich vermehrt. Ja, es haben so gar die praktischen Aerzte bey Fiebern geringere Wärme bey einer größern Anzahl von Pulsschlägen wahrgenommen α). Auch schließt Hunter β) aus seinen Versuchen über das Erfrieren der Thiere, daß die innere Wärme nicht ihren Grund in der Circulation des Blutes haben könne, weil auch solche Thiere der Kälte widerstehen, in welchen kein Umlauf des Bluts Statt hat.

Nach Rogert Douglas γ) entsteht die thierische Wärme aus der Friktion der Blutkügelchen in den feinen haarröhrenartigen Blutgefäßen, deren Weite geringer ist, als

α) S. Anton Rolandson Martin thermometr. Bemerk. über die Wärme im menschlichen Körper, in den schwed. Abhandl. B. XXVI. S. 299 *de Haen* rat medendi. To. II. p. 163. 164.

β) Philosoph. Transact. Vol. LXV. P. II. n. 43.

γ) Essay concerning the generation of heat in animals. Essai sur la generation de la chaleur des animaux. trad. de l'Angl. Paris 1751. 8.

als der Durchmesser der Blutkügelchen. Es werden nähmlich diese feinen Gefäße durch die äußere Wärme so weit erweitert, daß die Blutkügelchen ungehindert und ohne Reibung durchgehen können, mithin entweder gar keinen Ueberschuß, oder wenig über die äußere Temperatur hervorbringen; dagegen verengert die Kälte die Gefäße, und vermehrt dadurch das Reiben in dem nähmlichen Maße, in welchem sie strenger wird. Hieraus sucht Douglas besonders begreiflich zu machen, warum die Wärme des Blutes beständig sey, und bey großer Wärme der äußern Luft fast gar keine, in der Kälte hingegen viel innere Wärme erzeugt werde. Brisson hat sich bemühet, diese Theorie zu widerlegen, und bemerkt, daß die angeführte Veränderung der Gefäße durch die äußere Kälte eine leere Einbildung sey, indem sich die vom Reiben entstandene Blutwärme den Gefäßen augenblicklich mittheilen, und ihren Durchmesser wieder erweitern müßte. Auch bemerkt Haller dagegen, daß bey den Fischen und Fröschen die innere Wärme sehr gering sey, obgleich die feinen Gefäße dieser Thiere enge genug sind, um nur ein einziges Blutkügelchen zu fassen, welches noch überdieß eine ovale Gestalt annehmen muß, um durch zu gehen, in welchem Falle folglich eine große Wärme erzeugt werden müsse, wenn sie von dieser Ursache herrühre.

John Caverrhill *) leitet die innere Wärme von der Wirkung der Nerven ab. Er machte nähmlich die Erfahrung, daß durch Verletzung des Rückenmarks bey einem Kaninchen der Puls geschwächt und die Wärme beträchtlich vermindert ward. Allein hieraus läßt sich in der That weiter nichts folgern, als daß durch dergleichen Lähmungen die innere Kraft des Lebens überhaupt geschwächt werde, ohne eben daher schließen zu können, daß die eine Erscheinung eine natürliche Folge der andern seyn müsse. Andere haben auch die thierische Wärme von der Einwirkung der Elektricität herleiten wollen, wiewohl es gewiß ist, daß viele kaltblütige

*) Experiments on the cause of heat in living animals and the velocity of the nervous fluid. Lond. 1770. 8.

blütige Thiere weit mehr Elektricität, als die warmblütigen, anzunehmen geschickt sind. Noch viele andere nehmen ein eigenes Princip des Lebens in der thierischen Oekonomie an, welches die Eigenschaft besitze, in verschiedenen Körpern bey einerley Geschwindigkeit des Bluts eine verschiedene Wärme hervorzubringen.

Den weit glücklichern Gedanken, daß alle thierische Wärme durch die Wirkung der Luft beym Einathmen in den Lungen erzeugt, und von da aus durch die Cirkulation des Bluts dem ganzen übrigen Körper mitgetheilt werde, äußerte bereits **Stahl** α) mit der Bemerkung, daß er ihm schon seit dem Jahre 1684. eigenthümlich zugehöre. Er wußte freylich noch nicht zu erklären, wie diese Wirkung erfolge, obgleich schon der englische Arzt **Mayow** β) im Jahre 1668. das Athemhohlen dadurch erklärte, daß die Lungen der Thiere aus der Luft einen darin befindlichen Stoff (nach ihm Salpeter,) einsaugen, der in die Lebensgeister übergehe, und dem Blute Wärme mittheile. Nachher hat man auch die Beobachtung gemacht, daß alle warmblütige Thiere mit vollkommenen Lungen, und die Vögel, als die wärmsten, mit vorzüglich großen Lungen athmen, und daher weit mehr innere Wärme besitzen, als ihnen die Temperatur der umgebenden Luft mittheilen könnte; daß hingegen diejenigen Thiere, welchen die Lungen fehlen, nicht wärmer als die Mittel sind, worin sie leben; und daß überhaupt mit dem schnellen Athemhohlen auch eine größere innere Wärme erzeugt werde. M. s. Athmen. Ueber dieß hatten auch mehrere Aerzte schon geglaubt, daß das Blut in den Lungen verdichtet und erwärmt werde, so wie Dr. **Black** seine Theorie der thierischen Wärme auf die Respiration gegründet hatte. Endlich entdeckte **Priestley** im Jahre 1774. daß die ausgeathmete Luft unter die phlogistisirten Gasarten gehöre, und machte daraus den Schluß, daß das Athmen das Brennbare aus dem Körper ausführe. Dagegen meinte **Scheele** fast zu gleicher Zeit

α) Theor. medica p. 228.
β) Tract. duo, de respiratione prior, alter de rhachitide. Oxon. 1668.

Zeit wahrgenommen zu haben, daß die Luft vielmehr Brennbares in den Körper bringe.

Auch lehrte um diese Zeit Dr. Leslie [α]) eine Theorie der thierischen Wärme, welche nach seiner Aussage von dem Dr. Duncan herrühren soll, wiewohl schon in der oben angeführten Abhandlung von Mortimer und in Franklin's Schriften ähnliche Gedanken vorkommen. Vermöge dieser Theorie soll die Wirkung der Blutgefäße aus allen Theilen des thierischen Körpers allmählich Brennbares entwickeln, und eben hierdurch Wärme hervorbringen. Sein hauptsächlichster Grund ist dieser, daß das Brennbare einen Hauptbestandtheil aller Nahrungsmittel, im Blute unstreitig vorhanden, und die Ursache der Farbe desselben, so wie der Farbe und des Geschmacks der Galle sey; daß der Nahrungssaft eine rothe Farbe erhalte, so bald er nur kurze Zeit der Wirkung der Blutgefäße ausgesetzt gewesen sey, u. s. w. Zuletzt sucht er den von Blagden angenommenen Satz, daß im thierischen Körper eine Kraft liegen müsse, das Uebermaß der Wärme bey hohem Grade der Hitze zu zerstören oder Kälte hervorzubringen, zu widerlegen, und leitet vielmehr die Beständigkeit der innern Wärme bey den Veränderungen der äußern Temperatur von der kälteerzeugenden Wirkung der verstärkten Ausdünstung in der Hitze, und von dem Reitz und der tonischen Wirkung der Luft auf die Fibern in der Kälte her.

Eine andere Theorie der thierischen Wärme stellte Crawford [β]) auf, welche er vorzüglich auf die nicht längst gemachten Entdeckungen der latenten Wärme gründete, und daher beynahe allgemeinen Beyfall erhielt, besonders da er sie mit eigenen Erfahrungen zu unterstützen suchte. Aus seinen Versuchen über die comparativen Wärmen der Nahrungsmittel, des Blutes und der Gasarten zog er die Folge, daß

α) A philosophical Inquiry into the cause of animal heat. Lond. and Edinb. 1778. 8.

β) Experim. and observat. on animal heat etc. Lond. 1779. 8. 1788. 8. übers. durch Veranstalt. des Herrn Crell. Leipz. 1789. 8.

daß die meisten Nahrungsmittel weniger Capacität für die Wärme besitzen, als das aus ihnen entstandene arteriöse Blut; daß im Gegentheil die eingeathmete respirable Luft mehr Capacität für Wärme habe, als die ausgeathmete. Dadurch kam er auf den Gedanken, daß das Blut beym Athemhohlen Wärme aus der Luft in sich nehme. In der neuern Ausgabe seines Werks hat er seine vormahligen Gedanken hier und da beträchtlich abgeändert, und sie mehr nach den Vorstellungen der Antiphlogistiker auszudrücken gesucht. Das Wesentlichste seiner Theorie in Absicht der thierischen Wärme besteht nach dieser Ausgabe kürzlich in Folgendem.

Die respirable Luft erleidet in den Lungen eine Aenderung, wodurch die Menge ihrer absoluten Wärme fast in eben dem Verhältnisse vermindert wird, in welchem ihr Vermögen zur Erhaltung des thierischen Körpers abnimmt. Diese Veränderung erfolgt durch Verbindung der dephlogistisirten Luft mit dem Phlogiston, das aus dem Blute geschieden wird, und besteht darin, daß beynahe $\frac{1}{6}$ der reinen Luft in Wasserdampf, und die übrige in fixe Luft verwandelt wird. Da nun die comparative Wärme der dephlogistisirten Luft $4\frac{3}{4}$, die des Wasserdampfs und der fixen Luft aber nur $1\frac{1}{2}$ und $1\frac{1}{20}$ ist, so folgt, daß die ausgeathmete Luft kaum $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$ von derjenigen Wärme behalte, welche sie vor dem Einathmen enthielt, daß sie folglich den größten Theil der Wärme in den Lungen zurücklasse. Bey einem Versuche mit dem arteriösen und venösen Blute, wovon jenes aus der Carotis, dieses aus der Drosselader eines Schafes abgezapfet war, fand Crawford die comparative Wärme beyder im Verhältnisse 23:20, und bey mehreren Versuchen mit dem Blute von Hunden im Verhältnisse 114:110. Da also hiernach dasjenige Blut, welches aus der Lungenblutader zum Herzen zurückströmt, eine größere Capacität hat, folglich auch eine größere Menge von absoluter Wärme in sich faßt, so muß es beym Durchgange durch die Lungen Wärme aufnehmen, und diese ist eben diejenige, welche die Lunge aus der eingeathmeten Luft erhielt, und welche daher aus der

Luft

Luft in das Blut gebracht wird. Uebrigens nimmt **Crawford** an, daß die Capacität der Körper für die Wärme durch die Verbindung mit Phlogiston vermindert, durch den Verlust desselben hingegen vermehrt werde, wiewohl er in der neuen Ausgabe seines Werks sich mehr folgender Ausdrücke bedient, daß die Capacität derjenigen Körper, in welchen man Phlogiston annehme, durch die Operation des Verkalkens, Verbrennens u. s. f. vergrößert werde. Hiernach würde also die Entstehung der thierischen Wärme von einem chemischen Prozesse abhängen. Es wird nähmlich die reine Luft, die eine große Menge Wärme enthält, von der Lunge aufgenommen, zu gleicher Zeit kommt das Blut aus den äußersten Enden der Gefäße mit dem Phlogiston versehen zurück; dieses verläßt das Blut, um sich mit der Luft zu verbinden; hierdurch wird aber die Capacität derselben für die Wärme geringer, mithin wird der größte Theil ihrer Wärme in den Lungen abgesetzt, den das Blut in sich nimmt. Das arteriöse Blut wird nun bey seinem Durchgange durch die Haarröhrchen wieder mit dem Phlogiston angeschwängert, mithin seine Capacität für Wärme vermindert. Daher muß das Blut bey der Circulation diejenige Wärme, die es in der Lunge aufnahm, nach und nach wieder absetzen, und den Theilen des Körpers abgeben. Sonst erklärt **Crawford** die Beständigkeit des Wärmegrades im thierischen Körper fast eben so wie **Leslie**.

So großen Beyfall auch **Crawford's** System anfänglich erhielt, so ist es doch nachher mit wichtigen Gründen bestritten, und zuletzt seine Voraussetzungen durch unläugbare Thatsachen widerlegt worden. M. s. **Wärme, specifische, Verbrennung**. Einer der ersten, welcher diese Theorie bestritt, war **de Lüc**. Auch **Eduard Fryer** *) hat wichtige Zweifel dagegen erhoben. Es ist eine ausgemachte Wahrheit, daß alle diejenigen Versuche ganz irrige Resultate geben, bey welchen die mit einander vermengten Stoffe chemisch auf einander wirken, wodurch sich ihre Capacitä-

*) Diss. de vita animantium et vegetantium. Lugd. Batav. 1785. 8.

pacitäten während des Versuchs ändern. Weil dieß der Fall ist, wenn mehlige Samen, Fleisch, Blut u. s. mit Wasser vermischt werden, so lassen sich auch unmöglich die durch dergleichen Versuche gefundenen Capacitäten und absoluten Wärmen der Nahrungsmittel und des Blutes als richtig bestimmt annehmen. In Ansehung der Gasarten sind ihre Capacitäten durch ungemein geringe Veränderungen der Temperatur gesucht, welche nicht viel über $\frac{1}{10}$ Grad nach Fahrenh. ausmachen, und die so großen Abweichungen der neueren Bestimmungen von den ältern sind weiter keine guten Empfehlungen für die Zuverlässigkeit derselben. Die Bestimmung der Capacität des Wasserdampfes gründet sich auf ein sehr zusammengesetztes Verfahren, wobey es fast unvermeidlich ist, Fehler zu begehen, und über dieß ist es wohl nunmehr ausgemacht, daß die beym Athemhohlen sich zeigende fixe Luft nicht durch die Verbindung der reinen Luft mit Phlogiston entstehe. Es beruhen daher alle Hauptstützen dieser Theorie auf unsichern Gründen.

Herr Gren *), welcher Crawford's Theorie einer genauern Prüfung unterwarf, behauptete damahls, daß die vorzügliche Ursache der thierischen Wärme in der Verdauung und den übrigen Mischungsveränderungen der Säfte beym Kreislaufe und den Secretionen liege, weil auch in andern unzähligen Fällen, außer dem thierischen Körper, durch Auflösungen, Mischungen, Gährung organischer Stoffe u. s. Wärme entbunden werde. Nach seiner Meinung werde derjenige der Kälte weit eher und länger widerstehen, wer viele gut verdauende Speisen zu sich genommen habe, als wenn er bey leerem Magen noch so viel athmen, und die Wärmequelle in der eingeathmeten reinen Luft suchen wolle. Nach der Zeit aber hat er seine Meinung dahin abgeändert, daß er meint, durch das Einathmen der Luft werde der Sauerstoff der Lebensluft mit dem Kohlenstoffe des venösen Blutes, und dagegen der Brennstoff dieses Blutes mit dem Wärmestoffe

*) Journal der Physik. 1790. H. II. S. 196 f.

stoffe der Luft zur Wärme verbunden; nur sey die Menge des Wärmestoffs zu geringe, um eine Wärme mit Licht, wie bey den Verbrennungen, zu erzeugen [a]).

Leop. Vacca Berlinghieri [b]) hat noch folgenden Einwurf gegen Crawford's Theorie erhoben. Die Capacität des Wasserdampfes für die Wärme verhält sich zu der des Wassers wie 900:1, und die Capacität der atmosphärischen Luft zu der des Wassers wie 19:1; mithin ist die Capacität des Wasserdampfes gegen die der atmosphärischen Luft, wie 900:19 = 47:1. Wäre demnach in der ausgeathmeten Luft nur $\frac{1}{47}$ Wasserdampf enthalten, so würde schon dazu die ganze Menge der absoluten Wärme der vorher eingeathmeten Luft gehören, um diesem Wasserdampfe diejenige Temperatur zu ertheilen, welche die eingeathmete Luft vorher besaß, und für die ausgeathmete Luft würde gar keine Wärme übrig bleiben, sie müßte folglich so kalt seyn, daß sie augenblicklich das Quecksilber zum Gefrieren brächte. Gleichwohl setzt sie noch empfindbare Wärme ab, und der Wasserdampf, dessen Quantität weit über $\frac{1}{47}$ des Ganzen steigt, ist mit Wärmestoff überladen, das Blut hat Wärme erhalten, ohne diejenige zu rechnen, welche durch die Ausdünstung verloren geht. Hieraus läßt sich also begreifen, daß die eingeathmete atmosphärische Luft diese Wärmemenge nicht habe hergeben können. Diese Berechnung wird nach den Angaben der zweyten Auflage von Crawford's Werke noch auffallender, wo die Capacität der atmosphärischen Luft nur 1,8, mithin das Verhältniß 900:1,8 = 500:1; woher es scheint, als ob der Wasserdampf alle Wärme der eingeathmeten Luft verschlucken müsse, wenn er auch nur $\frac{1}{500}$ der ausgeathmeten betrüge.

Ueber die Bestimmung dieser großen Angabe der Capacität hat Berlinghieri weiter keine Auskunft gegeben. Nach Craw-

[a]) Systematisches Handbuch der gesammten Chemie, Th. II. Halle 1797. 8. S. 1674.

[b]) Esame della teoria del calore del celeb. Inglese *Crawford*, con alcune congetture sopra la medicina materia. Pisa 1787. 4.

Crawford's eigenen Versuchen und Berechnungen ist sie nur 1,55; daher würde jenes Resultat hiernach gänzlich umgestoßen werden. Allein es muß auch hier noch die unmerkbare Wärme mit in Rechnung gebracht werden, welche zur Dampfbildung verwendet wird, und die unter die von Crawford angegebene Capacität für Wärme nicht mit begriffen ist; denn auch diese muß nach der Crawford'schen Theorie aus der atmosphärischen Luft hergenommen werden. Nach Watt's Versuchen beträgt aber diese verborgene Wärme so viel, daß sie die Temperatur eines gleichen Gewichts Wasser um 943 Grade des Fahrenh. Thermometers erhöhen könnte; daher allerdings Berlinghieri's Einwurf nicht ganz unwichtig zu seyn scheint.

Nach Ed. Rigby's [a]) Meinung entsteht die thierische Wärme zum Theil aus der atmosphärischen Luft in den Lungen; zum Theil aber auch hauptsächlich durch die Verdauung im Magen und übrigen Speisekanal, aus den zersetzten Nahrungsmitteln. Er bemerkt, daß beym Verdauen eben so Wärme entbunden werde, als bey der Gährung, beym Keimen der Samen, und andern chemischen Veränderungen der thierischen und vegetabilischen Stoffe; daß in dem Magen eine vorzügliche Quelle der Wärme liege, beweiset schon das Gefühl der Wärme in der Gegend desselben. Der Magen erzeuge die Wärme, durch die Haut gehe sie wieder verloren; daher komme es, daß man im Sommer oder in heißen Gegenden beständig weniger Nahrung zu sich nehme, als im Winter oder in kalten Ländern; so wie die Eßlust der arbeitenden und der freyen Luft ausgesetzten Personen stärker sey, und der Hunger durch die Kälte vermehrt werde. Beym gesunden Zustande des Körpers herrsche ein Gleichgewicht zwischen Ersatz und Verlust der Wärme; werde dieß gestört, so entstünden Krankheiten, z. B. Bleichsucht, Schwäche, Kälte, Zusammenschrumpfen von zu weniger Nahrung oder von Unfähigkeit zu verdauen; übermäßige Wärme, Nei-

a) Essay on the theory of the production of animal heat. Lond. 1785. 8.

gung zum Fettwerden und zu Entzündungskrankheiten von zu vieler Nahrung bey guter Verdauung, und von unterdrückter Ausdünstung. Ueberhaupt sey eine Absetzung der Hitze in Fett wahrscheinlich, weil ein Theil der aus den Nahrungsmitteln entwickelten Wärme in gebundenem Zustande in die körperliche Substanz aufgenommen, und daraus ein organischer Theil gebildet werde, welcher als Fett oder Zellstoff in der Jugend zum Wachsthum beytrage, im reifern Alter aber die Körpermasse erhalte und erneuere. Der übrige Theil der Wärme verbleibe im freyen Zustande, und theile sich in solchem der atmosphärischen Luft mit. Rigby sucht diese seine Theorie noch durch eine Menge von Beobachtungen zu bestätigen, und die Erzeugung der thierischen Wärme aus der Verdauung und den Mischungsveränderungen der Säfte überhaupt wahrscheinlich zu machen [α]).

Dr. Peart [β]) sucht die thierische Wärme aus seinem dualistischen Systeme zu erklären (m. s. Materie). Die Nerven bringen nähmlich das Phlogiston herbey, indem sie die Muskelfaser zur Bewegung reitzen, und ihr Saft, der aus Phlogiston und Erde besteht, zersetzt wird; den Aether führt das Blut bey, welches durch die Muskeln strömt, und ihn aus der atmosphärischen Luft eingesogen hat. Durch die Verbindung des Phlogistons mit dem Aether wird Bewegung der Muskelfasern und Hitze bewirkt. Der Nervensaft erhält sein Phlogiston aus den Nahrungsmitteln, welche sämmtlich dergleichen enthalten. Die aus der Lunge ausgeathmete fixe Luft rührt nicht von der Zersetzung der Lebensluft her, sondern vielmehr von den ausdünstenden Gefäßen der Lunge. Durch äußere Hitze wird zwar die Anzahl der Pulsschläge vermehrt, aber nicht in gleichem Verhältnisse mit der Anzahl der Athemzüge. Die Hitze ist der Reitz, der das Herz in Bewegung setzt, und diese Bewegung ist daher beständig in gleichem Verhältnisse mit der erzeugten Hitze.

Nach

α) Gothaisch. Magazin für das Neueste aus der Phys. und Naturg. B. IV. St. 4. S. 82.

β) The generation of animal heat investig. Gainsborough 1788. 8.

Nach Girtanner [a]) wird die thierische Wärme durch den Sauerstoff erzeugt, der sich mit dem venösen Blute verbindet, und sich vermöge der Circulation in den Arterien durch alle Theile des Körpers verbreitet. Hier vereinigt er sich mit den Theilen des Körpers, und der Wärmestoff wird frey. Diesem gemäß entsteht also die thierische Wärme aus der Zersetzung des mit dem Blute verbundenen Sauerstoffgas.

Je größer die Lungen eines Thieres sind, desto größer ist seine thierische Wärme. Am größten ist diese Wärme bey den Vögeln, deren Athemhohlen unter allen Thieren am vollkommensten ist, indem die Luft sogar bis in das Innere der Knochen dringt. Bey denjenigen Thieren, welche keine Lungen besitzen, ist die thierische Wärme sehr geringe. Die thierische Wärme eines jeden Thiers steht im geraden Verhältnisse mit der Menge von Sauerstoffgas, welche dasselbe in einer gewissen bestimmten Zeit einathmet.

Wenn ein Thier in einem wärmern Medium Athem hohlt, so ist der Unterschied zwischen der Farbe seines venösen und seines arteriellen Blutes nicht so groß, als wenn dasselbe in einem kältern Medium Athem hohlt. In einem kalten Medium verbraucht ein Thier weit mehr Luft zum Athemhohlen, während derselben Zeit, als in einem warmen Medium.

Menschen, deren Brust breit und ausgedehnt ist, haben wärmeres Blut, und sind stärker und gesunder, als andere, weil sie besser Athem hohlen. Daher sind breitschulterige Personen allemahl gesund und stark, Personen hingegen, deren Brust eng ist, sind allemahl schwächlich und kränklich.

Heftige Bewegung des Körpers in freyer Luft, und das durch diese Bewegung verursachte schnellere Athemhohlen disponirt den Körper zu Entzündungskrankheiten, indem dadurch die thierische Wärme übermäßig vermehrt wird. In dem Fieberfroste ist das Athemhohlen kleiner und langsamer; in der Hitze des Fiebers ist dasselbe schnell und stark. Entsteht

a) Abhandl. über die Irritabilität, aus *Rozier* journ. de phys. 1750. Juin p. 422. übers. in Gren's Journ. der Phys. B. III. S. 317 f. 507 f.

steht ein Schweiß bey dem Fieber, so verbindet sich ein Theil des entwickelten Wärmestoffs mit dem aus der Verbindung des Sauerstoffs entstandenen Wasser, und die Fieberhitze nimmt ab.

M. s. *Halleri* de partium corp. human. fabrica et functionibus Bern et Lauſ. 1778. 8. Tom. IV. lib. VI. ſect. III. §. 8 ſqq., *Briſſon* dictionnaire raiſonn. de phyſique, artic *chaleur animale*. Girtanner Anfangsgründe der antiphlogistischen Chemie. Berl. 1797. 8. Cap. 36.

Wärmemaas, s. **Thermometer.**

Wärmemesser, Eisapparat des Lavoisier und la Place (apparatus glacialis, caloris menſuram exhibens, appareil de glace pour meſurer la chaleur). Hierunter versteht man eine von Lavoisier und la Place erfundene Einrichtung, theils die specifische Wärme der Körper damit zu bestimmen, theils die verhältnißmäßige Quantität des Wärmestoffs zu messen, welcher bey der Zersetzung der Körper und ihrer Formänderung, oder sonst beym Verbrennen frey wird. Die Erfinder gaben dieser Vorrichtung den Nahmen **Calorimeter**, und entschuldigten diese lateinisch-griechische Benennung damit, daß es bey wissenschaftlichen Gegenständen erlaubt sey, die Reinigkeit der Sprache zu verletzen, wenn auf solche Art die Begriffe eine größere Deutlichkeit erhielten.

Die Methoden, welche die Herren **Wilke** und **Black** zur Bestimmung der specifischen Wärmen der Körper gebrauchten, (m. s. **Wärme, specifische**) sind zum Theil in der Ausübung unsicher und unbequem, zum Theil reichen sie aber auch nicht zu, die Verhältnisse der verborgenen Wärme zu finden, die bey chemischen Verbindungen der Stoffe, bey der Formänderung, beym Athmen, Verbrennen u. dgl. entbunden wird. Dadurch wurden gedachte Herren **Lavoisier** und **la Place** veranlaßt, den Wärmemesser zu erfinden. Es war zwar schon **Wilke** auf denselben Gedanken gekommen, die Wärmemenge durch die in einer gewissen Zeit geschmolzene Menge von Eis zu bestimmen; allein die Schwierigkeiten

keiten das vom Eise geschmolzene Wasser genau zu messen, die zu diesen Versuchen erforderliche Länge der Zeit, und die beständige Mittheilung von äußerer Wärme, welche das Eis durch die atmosphärische Luft und die umgebenden Körper erhält, bewogen ihn, zu seiner Methode der Mengungen zurück zu kehren.

Lavoisier und la Place [a]) gaben sich aber Mühe, diese Schwierigkeiten auf eine sinnreiche Art größten Theils aus dem Wege zu räumen, und erfanden ihr Calorimeter. Die Einrichtung desselben gründet sich auf folgende Grundsätze. Wenn man einen Körper, der eine Temperatur von 32° Fahrenh. hat, einer Temperatur von 88° aussetzt, so erwärmt sich derselbe allmählich an seiner Oberfläche nach seinem Mittelpunkte zu, bis er eine Temperatur von 88°, wie das ihn umgebende Mittel, erhält. Ein Stück Eis, das man in eine Temperatur von 88° Fahrenh. setzt, erwärmt sich nicht, sondern seine Temperatur bleibt immer auf 32° stehen, d. h., auf dem Gefrierpunkte, und dieß so lange, bis das Eis geschmolzen ist. Stellt man sich nun vor, eine Kugel von Eis befinde sich in einer Temperatur von 54° Fahrenh., und in der Mitte dieser Kugel befinde sich ein erwärmter Körper, so folgt, daß der äußere Wärmestoff nicht durch das Eis in den innern Theil der Kugel wird eindringen können, sondern der innere Wärmestoff wird beständig auf einander folgende Schichten von Eis schmelzen, so lange bis die Temperatur des in dem Mittelpunkte der Kugel enthaltenen Körpers = 32° seyn wird. Sammelt man nun alles das Wasser, welches geschmolzen wird, indem der Körper im Mittelpunkte der Kugel von seiner Temperatur bis zum 32° des Thermometers gelangte, so wird das Gewicht desselben mit der Menge des Wärmestoffs, den der Körper während seiner Erkaltung verloren hat, genau im Verhältnisse stehen. Denn durch zwey

a) Mémoir. sur la chaleur; in d. Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. an 1780. Paris 1783. p. 355 sqq. übers. in Lavoisier physikalisch-chemischen Schriften von Weigel, B. III. Greifsw. 1785. 8. S. 292 u. f.

Mahl so viel Wärmestoff wird zwey Mahl so viel Eis geschmolzen. Es ist daher die Menge des geschmolzenen Eises ein Maß der Menge des Wärmestoffs, durch welchen dasselbe geschmolzen wird. Die Einrichtung des Wärmemessers ist nun folgende: In der Fig. 19. wird er im vertikalen Durchschnitt vorgestellt, welcher das ganze Innere desselben zeigt. Der ganze innere Raum hat drey Abtheilungen, welche man das innere, mittlere und äußere Fach benennen kann. Das innere Fach ffff ist mit Eisendraht wie ein Gitter begrenzt, welches durch Stützen von dem nähmlichen Drahte getragen wird. Sein oberer Theil wird durch einen Deckel (fig. 20.) verschlossen, welcher oben ganz offen, und unten statt des Bodens ein Netz von Draht besitzt, und sich mittelst eines darauf befindlichen Griffs abheben läßt, damit sich die zum Versuche bestimmten Körper in das innere Fach bringen lassen.

Das mittlere Fach (fig. 19.) bbbb wird mit Eis angefüllt, so daß der in dem innern Fache enthaltene Körper ganz damit umgeben ist. Dieses wird von dem Roste (fig 21.) mm getragen, unter welchen das Haarsieb nn befindlich ist. So wie nun die Wärme, welche aus dem Körper in dem innern Fache ausströmt, das Eis schmelzt, so fließt das Wasser durch den Rost und das Haarsieb, nachher läuft es an den Kegel (fig. 19.) ccd und der Röhre xy herunter, und sammlet sich in einem unter der Maschine stehenden Gefäße. Durch den Hahn u läßt sich das Abfließen des Wassers nach Belieben verhindern.

Das äußere Fach aaaa endlich ist ebenfalls dazu bestimmt, Eis aufzunehmen, welches die Einwirkung der Wärme der äußern Luft und der umgebenden Körper abzuhalten dient; dieß aufgethauete Eiswasser läuft durch eine eigene Röhre ST, welche man mittelst des Hahns r öffnen kann, in ein eigenes Gefäß. Uebrigens ist noch die ganze Maschine mit dem Deckel (fig. 22.) FF bedeckt, welcher oben offen ist, um Eis über seinen Boden legen zu können. Alles

ist

ist aus verzinntem Eisenbleche verfertigt, und mit Oehl bestrichen, um es vor dem Rosten zu bewahren.

Bey jedem Versuche wird das ganze mittlere Fach mit Eis angefüllt, das man hineinpreßt, so wie auch das äußere Fach damit angefüllt wird; hierauf bringt man den Körper, womit der Versuch angestellt werden soll, schnell in das innerste Fach, setzt den Deckel über die Maschine, wartet so lange bis der ganze Körper erkaltet ist, und wiegt dann das geschmolzene Wasser.

Um zu erforschen, ob zwischen dem äußern und mittleren Fache eine Gemeinschaft Statt habe, welches aufs sorgfältigste vermieden werden muß, darf man nur das äußere Fach mit Wasser anfüllen, und beobachten, ob etwas davon durch die Röhre x y herauströpfelt.

Die Versuche müssen nur alsdann angestellt werden, wenn die Temperatur der Atmosphäre über 32° ist. Denn der äußere Wärmestoff kann bey der Temperatur über 32° Fahrenh. wegen des in dem äußern Fache enthaltenen Eises nicht in das mittlere Fach gelangen. Aber bey einer Temperatur unter 32° Fahr. könnte dieß geschehen, weil das Eis, so lange es solches bleibt, fähig ist, verschiedene Temperaturen anzunehmen. Auch das Eis, das man zu den Versuchen gebraucht, darf nicht unter 32° seyn. Am besten thut man, die Versuche in einer Temperatur von 39° bis 41° Fahrenh. anzustellen; sonst entsteht durch die Röhre, durch welche das Wasser ausläuft, ein Luftzug, welcher den Versuch unrichtig machen könnte.

Das innere Eis enthält beständig eine kleine an seiner Oberfläche hängende Menge von Wasser, und man könnte glauben, daß dieses Wasser mit zu dem Resultate der Versuche gerechnet werden müsse, allein man muß erwägen, daß zu Anfange eines jeden Versuchs das Eis schon alle Quantität Wasser eingesogen hat, welche es in sich nehmen kann, so daß, wenn ein vom Körper geschmolzenes Eistheilchen an dem innern Eise hängen bleibt, sich dieselbe Quantität Wasser, welche anfänglich an der Oberfläche des Eises hing, los-

machen und ins Gefäß fließen muß, indem sich die innere Oberfläche des Eises beym Versuche sehr wenig ändert.

Man setze nun zwey Massen M und m von den Temperaturen T und t würden nach und nach in das innere Fach gebracht, welches mit einer Masse von Eis, wie eine Eiskugel, umgeben wäre, und so lange darin gelassen, bis ihre Temperaturen auf 0° Reaum. erkaltet sind; es entsteht alsdann die Frage, wie werden sich die specifischen Wärmen α und β (d. h. die Mengen, welche sie bey gleichen Massen und gleichen Temperaturen während der Erkaltung geschmolzen haben würden,) verhalten, wenn sie die Mengen Eis A und a schmelzen.

Für $M = m$ ist $A : a = \alpha : \beta$

— $\alpha = \beta$ ist $A : a = T : t$

— $T = t$ ist $A : a = M : m$, mithin

$$A : a = \alpha T M : \beta t m,$$

d. h., da jeder Körper eine desto größere Menge von Eis schmelzt, je mehr Masse er besitzt, je höher seine Wärme über den Frostpunkt steigt, und je mehr Wärme er bey gleicher Verminderung der thermometrischen Wärme absetzt; so sind die geschmolzenen Mengen von Eis im zusammengesetzten Verhältnisse der Massen, Temperaturen (über dem Frostpunkte) und specifischen Wärmen. Hieraus folgt nun

$$\alpha : \beta = \frac{A}{TM} : \frac{a}{tm}.$$

Läßt man also ein für alle Mahl die Masse m Wasser bedeuten, dessen specifische Wärme $\beta = 1$ ist, und das bey 60° Reaum. eine gleich große Eismasse schmelzt, so ist $t = 60$, $a = m$, mithin

$$\alpha = \frac{60 . A}{M T}.$$

Ex. 7,707 Pfund Eisenblech von der Temperatur 78° Reaum. haben 1,102 Pfund Wasser geschmolzen. Hieraus findet sich die specifische Wärme des Eisenblechs $= \frac{60 . 1,102}{7,707 . 78} = \frac{11,02}{100,19} = 0,10999.$

Flüssige

Flüssige Materien und besonders saure, als Schwefelsäure, Salpetersäure u. dgl. werden in einen Kolben gethan, welcher mit einem Korke verstopft ist, durch den ein Thermometer geht, dessen Kugel in der Flüssigkeit steht. Dieß Gefäß bringt man in siedendes Wasser, und wenn nun das Thermometer zeigt, daß die flüssige Materie den gehörigen Wärmegrad angenommen habe, so zieht man den Kolben heraus und bringt ihn in das innere Fach des Calorimeters. Wenn nun die specifische Wärme des Gefäßes bekannt ist, so wird sich auf dieselbe Art die specifische Wärme der flüssigen Materie bestimmen lassen. Man muß nähmlich von der geschmolzenen Wassermenge so viel abziehen, als durch die Erkaltung des Gefäßes allein geschmolzen ist. Setzt man die Masse des Gefäßes $= \mu$, seine specifische Wärme $= \gamma$, die Temperatur, zu welcher das Gefäß mit der darin enthaltenen flüssigen Materie gekommen ist, $= T$, so wird die durch Erkaltung des Gefäßes allein geschmolzene Wassermenge $= \frac{\mu T \gamma}{60}$ seyn. Bezeichnet man die ganze geschmolzene Wassermenge durch C, so ergibt sich

$$A = C - \frac{\mu T \gamma}{60}, \text{ und}$$

$$\alpha = \frac{60 A}{M T} = \frac{60 C - \mu T \gamma}{M T}.$$

Ex. 4 Pfund Salpetersäure in einen $\frac{1}{3}\frac{7}{2}$ Pfund schweren Kolben, zusammen 80 Grad warm im Calorimeter bis 0 abgekühlt haben 3 6640625 Pfund geschmolzen; die specifische Wärme des Gefäßes ist 0,7929; so gibt die Formel die specifische Wärme der Salpetersäure

$$\alpha = \frac{60 \,.\, 3{,}6640625 - \frac{1}{3}\frac{7}{2} \,.\, 80 \,.\, 0{,}1929}{4 \,.\, 80} = 0{,}661391.$$

Wenn man diejenige Wärme bestimmen will, welche bey chemischen Verbindungen gewisser Substanzen entbunden wird, so bringt man diese Substanzen nebst dem Gefäße, welches sie enthalten soll, insgesammt zur Temperatur

0,

o, vermengt sie alsdann im innern Fache des Calorimeters, wo sie sich erhitzen, und bis zur Zurückkunft ihrer Temperatur auf o eine gewisse Eismenge schmelzen, welche das Maß der entbundenen Wärme ist. Auch haben die Erfinder Formeln angegeben, nach welchen man den bey gewissen Verbindungen bewirkten Grad der Kälte, so wie das Maß derjenigen Wärme finden kann, welche die Körper bey ihrer Schmelzung binden, und bey ihrem Gestehen frey machen.

Um diejenige Wärme zu bestimmen, welche sich beym Verbrennen und Athmen entwickelt, müssen die Körper in dem innern Fache verbrennen und Athem hohlen, wobey aber die Erneuerung der Luft erforderlich ist. Zu dieser Absicht haben sich die Erfinder eine besondere Maschine verfertigen lassen, welche von der gewöhnlichen nur dadurch unterschieden war, daß der Deckel zwey Löcher hatte, wodurch zwey kleine Röhren gingen, welche zur Gemeinschaft der innern und äußern Luft dienten; vermittelst derselben konnte man atmosphärische Luft hinein blasen, um die Verbrennungen zu unterhalten. Bey solchen Versuchen, wenn sie richtige Resultate geben sollen, muß die Temperatur der äußern Luft = o, oder doch wenig davon verschieden seyn. Zu dem Ende muß die Röhre, welche die Luft zubringt, durch das gestoßene Eis quer durch gehen, damit die Luft in das Innere bey der Temperatur Null gelange. Auch muß diejenige Röhre, welche die Luft ausführt, durch gestoßenes Eis durch gehen; das letztere Eis muß aber im Fache ffff enthalten seyn, und das davon abfließende Wasser muß einen Theil des Aufgesammleten ausmachen, indem die Wärme, die die Luft vor ihrem Ausgange enthält, einen Theil von dem zu suchenden Resultate ausmacht.

Eine größere Schwierigkeit findet sich bey Bestimmung der specifischen Wärmen der Gasarten; denn würden sie bloß, wie andere Flüssigkeiten, in Gefäße eingeschlossen, so würde die Menge des geschmolzenen Eises so wenig ausmachen, daß der Versuch ungewiß ausfiel. Demnach bedienten sich die Erfinder hierzu zweyerley Serpentinen, oder spiralför-

ralförmig gewundener Röhren. Durch die erste, welche sich in einem mit siedendem Wasser gefüllten Gefäße befand, ward die Luft erwärmt, ehe sie ins Calorimeter kam, die zweyte war im innern Fache ffff (fig. 19.) eingeschlossen. Ein Thermometer an dem einen Ende der letzten Röhre angebracht zeigte die Wärme derjenigen Luft, welche ins Calorimeter trat; ein zweytes am andern Ende zeigte an, was für eine Wärme die Luft beym Ausgange besaß. Auf solche Art konnten sie bestimmen, wie viel Eis durch eine gewisse Menge der verschiedenen Gasarten dadurch geschmolzen ward, daß sie um eine gewisse Anzahl Grade kälter wurde. Dieß nähmliche Verfahren kann angewendet werden, wenn man diejenige Wärmemenge wissen will, welche sich bey der Verdichtung der Dämpfe verschiedener Flüssigkeiten entwickelt.

Lavoisier und la Place haben bey den Resultaten ihrer Versuche diejenige Wärme, welche zur Schmelzung des Eises erforderlich ist, = 60 Grade der Skale von 80 Graden oder = $\frac{3}{4}$ derjenigen Wärme angenommen, welche ein gleiches Gewicht Wasser vom Eispunkte bis zum Siedpunkte erheben könnte. Nach Wilken's Versuchen ist sie nur 72 Grade der schwedischen Skale ($57\frac{3}{4}$ Reaum.), nach Black 140° Fahrenh. ($62\frac{2}{9}$ Reaum.), daß mithin die hier angenommene Bestimmung ziemlich das Mittel hält. Weigel bemerkt hierbey, daß sich selbst nach Wilken's Versuche 73 — 74 Grad ($58\frac{2}{5}$ bis $59\frac{1}{5}$ Reaum.) annehmen lasse, und der noch übrige Unterschied vielleicht daher rühren könne, daß Wilke Schnee, Lavoisier und la Place aber Eis gebraucht hätten.

Die beyden letztern fanden nun folgende Resultate eigenthümlicher Wärmen:

Gemeines Wasser — —	1
Eisenblech — —	0,109985
Krystallglas, ohne Bleygehalt	0,1929
Quecksilber — —	0,029
Ungelöschter Kalk —	0,21689
Wasser und ungelöschter Kalk im Verh. 9:16	0,439116

Vitriol-

Vitriolöhl am eigenthüml. Gewicht	1,87058	0,334597
Vitriolöhl und Wasser im Verhältn.	4 : 3	0,603162
—— —— ——	4 : 5	0,663102
Salpetersäure am eigenthüml. Gewicht	1,29895	0,661391
Salpetersäure und ungel. Kalk im Verh.	$9\frac{1}{3}$: 1	0,61895
Ein Theil Salpeters. mit 8 Theilen Wasser		0,8167

Ferner fanden sie folgende geschmolzene Eismengen, so von einem Pfunde der Mischung zergingen

	Pf.	Unz.	Qu.	Gr.
Von Vitriolöhl und Wasser im Verhältn. 4 : 3	—	14	2	62
Vitriolöhl und Wasser im Verhältn. 4 : 5	—	12	6	48
Wasser und ungelöscht. Kalk im Verh. 9 : 16	1	8	3	60
Salpeters. und ungel. Kalk im Verh. $9\frac{1}{3}$: 1	1	—	2	—

ingleichen folgende Mengen, so durch Verbrennungen und thierische Wärme zerschmelzen

	Pf.	Unz.	Qu.	Gr.
Durch Verpuffung 1 Unze Salpeter mit $\frac{1}{3}$ Unze Kohle	—	12	—	—
Durch Verpuffung 1 Unze Salpeter mit 1 Unze Schwefelbl.	2	—	—	—
— Verbrennung 1 U. Phosphors	6	4	—	48
— — 1 Unze Vitrioläther	4	10	2	36
— — 1 Unze Kohle	6	2	—	—
Durch die Wärme eines Meerschweinchens in 10 Stunden	—	13	1	$13\frac{1}{2}$

Die Erfinder bemerken hierbey, daß diese Angaben keines Weges, wie man vielleicht glauben könnte, Verhältnisse der absoluten Wärmemengen ausdrückten, sondern sie gäben bloß die Verhältnisse der Unterschiede von Wärmemengen an, welche nöthig wären, um die Temperaturen verschiedener Körper durch gleiche Grade zu erhöhen. Auf absolute Wärmemengen zu schließen, würde nur alsdann erlaubt seyn, wenn

man

man gewiß überzeugt wäre, daß diese Unterschiede durch alle mögliche Grade der Temperatur in einem beständigen Verhältnisse blieben. Hierbey müßte aber nothwendig untersucht werden, ob die geschmolzenen Eismengen bey einer Abkühlung von 300 bis 400 Grad noch in dem nähmlichen Verhältnisse blieben, in welchem sie bey Abkühlungen von 60 bis 80 Graden sich befinden u. s.

Dieß Verfahren ist von dem Wilk'schen und Black'schen Verfahren nur darin verschieden, daß es die Verhältnisse der Unterschiede der Wärmemengen unmittelbar durch die Wirkung des entwickelten Wärmegehalts selbst angibt, und daher die Verhältnisse der unmerkbaren Wärme mit in sich begreift; dagegen durch das Verfahren mit Vermengungen diese Unterschiede mittelbar durch einen Schluß aus der Fähigkeit auf die wirklich übergegangene Wärme gefunden, und daher beständig vorausgesetzt wird, daß sich diese Fähigkeit während des Versuchs nicht ändere. Aus jener unmittelbaren Wirkung läßt sich nun auch ziemlich sicher auf die relative Größe des Wärmegehalts selbst schließen. Uebrigens behaupten **Lavoisier** und **la Place**, daß die angeführten Resultate mit **Wilken's** specifischen Wärmen einerley wären; denn **Lavoisier** sagt ausdrücklich, die gefundene geschmolzene Wassermenge, dividirt durch das Produkt der Masse des Körpers in die Anzahl seiner Grade der anfänglichen Temperatur über Null werde mit dem, was die englischen Physiker specifische Wärme nennten, in gleichem Verhältnisse stehen. Diese Behauptung würde freylich nur alsdann gegründet seyn, wenn sich die Fähigkeit des Körpers für Annahme und Entbindung der Wärme während des Versuchs nicht änderte, und dabey keine verborgene Wärme frey geworden ist, welche vorher zur Verwendung und Erhaltung der elastischen Form oder des flüssigen Zustandes erforderlich war. Schwerlich läßt sich aber dieß bey jedem Versuche mit dem Calorimeter annehmen.

Auch versuchte **la Place** aus derjenigen Wärme, welche sich bey chemischen Verbindungen verschiedener Substanzen entwickelt,

entwickelt, auf das Verhältniß der absoluten Wärmemenge des Wassers bey der Temperatur Null zu derjenigen, welche seine Temperatur um 1 Grad erhöhen kann, zu schließen, indem er annimmt, daß die fühlbare Wärme vor und nach der Mischung einerley sey, und daß sich die absoluten Wärmemengen wie die specifischen verhalten. Auf diese Art findet er eine Formel, welche die absolute Wärmemenge des Wassers ausdrückt, wenn die Menge des durch Abkühlung der Mischung geschmolzenen Eises, ingleichen die gemischten Massen, nebst ihren und der Mischung specifischen Wärmen, bekannt sind. Allein bey der wirklichen Anwendung der Formel auf die angestellten Versuche finden sich die Werthe der absoluten Wärmemengen im Wasser ungemein verschieden, und der Versuch der Mischung von Salpetersäure und ungelöschtem Kalke gibt so gar einen negativen, also physisch unmöglichen Werth. Es erinnert zwar la Place, daß diese Widersprüche von geringen Fehlern in den Versuchen herrühren könnten; doch scheint er aber endlich selbst zu versichern, daß die eigentliche Ursache in der Unrichtigkeit der Voraussetzungen liege, und daß folglich entweder die freye Wärme vor und nach der Mischung nicht einerley sey, oder daß sich die absoluten Wärmen ganz anders, als die specifischen, verhalten.

Gegen diesen Calorimeter hat Herr Wegdwood *) verschiedene Einwendungen gemacht, welche aber nur die Einrichtung seiner Form betreffen. Daher auch Lichtenberg **) urtheilt, daß dieses vortreffliche Instrument, welches auf das einfachste und deutlichste Princip gebauet sey, in der Anwendung wieder etwas unsicher werde: indessen könnte ein von diesem Apparate mit großer Vorsicht, und vielleicht mit einigem Aufwande gemachte Gebrauch im Großen uns sicherer zu einem bestimmten Maß für die Wärme führen, als irgend ein bisher bekannt gewordenes Verfahren.

M. s.

*) Philosoph. Transact. Vol. LXXIV. p. 371.

**) Anmerk. zu Erxleben's Naturlehre am Ende des IX. Abschnitts.

M. s. Abhandlung von der Wärme in Lavoisier's physikalisch-chemischen Schriften, a. d. Fr. von Weigel. Greifsw. 1785. 8. Th. III. S. 292 f. Lavoisier System der antiphlogistischen Chemie durch Hermbstädt. Th. II. S. 56 u. f. Baader vom Wärmestoffe. Wien und Leipz. 1786 4. S. 173 f. Girtanner Anfangsgründe der antiphlogistischen Chemie. Berlin 1795 8. Cap. 3.

Wärmesammler, Condensator der Wärme, Feuersammler (collector s. condensator caloris, collecteur du feu ou de la chaleur). Dieser Ausdruck bezeichnet eine Vorrichtung, durch welche die freye Wärme in einem beträchtlichen Grade angehäuft werden kann, indem so genannte strahlende Wärme durch mehrere Glasscheiben hindurch gehet.

Es ist schon längst bekannt gewesen, daß durch Glasflächen eingeschlossene Lufträume vermittelst der Sonnenwärme die einmahl frey gewordene Wärme stark angehäuft werden kann. Die Glasfenster der Treibhäuser, der Treibbeete, die Glasglocken, unter welchen Früchte zur Reife gebracht werden, u. s. f., geben hiervon unläugbare Beweise ab. Der Grund dieser Erscheinung liegt zum Theil darin, daß das Glas ein schlechter Leiter der Wärme ist, und daß folglich die einmahl frey gewordene Wärme in solchen Räumen, die mit Glasflächen umschlossen sind, durch Mittheilung mit andern nicht so leicht zerstreuet werden kann, zum Theil aber auch (nach den Versuchen des Herrn Herschel,) in der Brechung der so genannten Wärmestrahlen im Glase, wodurch sie in einen engern zusammengebracht werden, und eine starke Wirkung der Hitze hervorbringen. Daß man aber die Anhäufung der Wärme auf einen so hohen Grad bringen kann, als jetzt bekannt ist, hat man nicht vermuthet. Zuerst gelang es dem Herrn de Saussüre in einen Kasten, worin das Sonnenlicht durch drey mit einander parallel gestellte ebene Gläser fiel, Wasser zum Sieden zu bringen, ja so gar die Hitze noch $17\frac{1}{4}$ Fahr. Grade über den Siedpunkt zu treiben. Dieß war im Jahre 1783. durch Briefe bekannt

geworden, als Herr Dücarla *) in Paris die Beschreibung einer eigenen hierzu bestimmten Vorrichtung unter dem Nahmen des Feuersammlers (collecteur du feu) herausgab, und mit einer eigenen Theorie begleitete.

Dieser Wärmesammler besteht aus einer beliebigen Anzahl gläserner Glocken oder Cylinder, welche sich oben in Halbkugeln endigen, und durchsichtig, strahlenbrechend und so dünn als möglich seyn müssen. Die Halbmesser dieser Glocken werden stufenweise immer um 3 Linien größer, z. B. der Halbmesser der innersten hat 36, der der zweyten 39, der der dritten 42 Linien u. s. f. Eben so nehmen auch die Höhen des cylindrischen Theils dieser Glocken zu, z. B. die Höhe der innersten ist 3, die der zweyten 6, der dritten 9 Linien u. s. f.

Alle diese Glocken stehen auf einem hohlen, schwarzen und undurchsichtigen, gerade in der Mitte seiner Achse abgekürzten geraden Kegel. Die kleine Grundfläche des Kegels beträgt im Halbmesser um 3 Linien kleiner, als die Grundfläche der kleinsten Glocke. Die größere Grundfläche hat 3 Linien mehr, als die der größten Glocke. Außer diesen wesentlichen Theilen hat Dücarla die Vorrichtung mit einigen zufälligen versehen, z. B. mit Kappen, Deckeln, einer massiven schwarzen Halbkugel, welche auf die kleinere Grundfläche des abgekürzten Kegels zu liegen kommt, und einem Büffonschen Planspiegelsystem. Von Norden nach Süden zu läßt er eine kleine Gallerie durch alle Glocken hindurch gehen, welche bis an die massive Halbkugel geht, und so viele Oeffnungen besitzt, als sie fassen kann. In diese Gallerie werden diejenigen Dinge gebracht, welche man durch den Apparat schmelzen, calciniren oder sublimiren will.

Nach Herrn Dücarla's Behauptung ist dieser Apparat im Stande, wenn er dem Sonnenlichte an einem schönen Frühlingstage ausgesetzt wird, einen Kessel voll Eisen, von mehr als einer Toise im Durchmesser in Fluß zu bringen.

Durch

*) Journal de Paris 1784. Num. 81. S. du feu complet. à Paris 1785. 8. ingl. journal de France vom 1. May 1784.

Durch diese Vorrichtung wird aber nicht allein diejenige Wärme gesammelt, welche durch das Sonnenlicht erregt wird, sondern auch diejenige, welche durch die strahlende Hitze brennender Substanzen hervorgebracht wird. So läßt sie sich bey chemischen Oefen und Manufakturen, welche große Feurung verlangen, mit großer Ersparniß der brennbaren Materialien gebrauchen. Bey der gewöhnlichen Art, das Ofenfeuer anzubringen, geht von der ganzen physischen Wirkung desselben außerordentlich viel verloren, ohne die Materien, welche man dem Feuer aussetzen will, wirklich anzugreifen. Man muß also diesen Verlust, so viel möglich, einzuschränken suchen, indem man den Ofen isolirt, d. h., indem man ihn so wohl von der Atmosphäre, als von der Erde durch angebrachte dünne Hüllen absondert, welche abwechselnd aus einer sehr dichten und dünnen Materie bestehen (wie ein Wärmesammler aus Luft und Glas). Es können auch diese Hüllen aus undurchsichtigen Materien bestehen, wenn man bloß die Absicht hat, die strahlende Hitze zusammen zu halten; nur muß man ihm Oeffnungen geben, um den zur Feurung nöthigen Luftzug zu unterhalten.

Die Theorie dieses Wärmesammlers leitet Dücarla aus diesem einzigen Satze ab, daß sich die Wärme der Flächen, an welchen sich zwey verschiedene Mittel berühren, im Verhältnisse der Dichtigkeit dieser Mittel mittheile. Weil nun das Glas etwa 2000 Mahl mehr Dichtigkeit besitzt, als die Luft, so kann man annehmen, daß bey gleicher Temperatur (und gleichen Fähigkeiten für Aufnahme der Wärme,) das Glas in demselben Raume eine 2000 Mahl größere Wärmemenge, als die Luft, enthalte. Wenn daher Wärme von einer Fläche, wo sich Glas und Luft berühren, mitgetheilt wird, so gibt jenes dieser 2000 Grade, indem es nur einen Verlust von 1 Grad erleidet; dagegen theilt die Luft dem Glase nur $\frac{1}{2000}$ Grad mit, wenn sie einen Grad verliert. Der beschriebene Wärmesammler nimmt nun eben so viele Wärme an, als ob er ganz aus Glas bestünde, weil seine ganze Masse aus 2000 Theilen Glas und nur 1 Theile Luft besteht.

Dagegen erleidet er nur einen so kleinen Wärmeverlust, als ob er aus Luft bestünde, weil er in Rücksicht der Räume zwischen den gläsernen Glocken wirklich aus Luft besteht. Es wird also die Mittheilung seiner Wärme an die äußere Luft 2000 Mahl geringer seyn, als wenn er ganz aus Glas zusammengesetzt wäre. Oder, welches dasselbe ist, die abwechselnden Glasglocken und die Luft berühren sich in 2000 Mahl wenigern Punkten, als wenn die ganze Vorrichtung durchaus aus massivem Glase bestünde. Es hat demnach die ganze Wärmemenge 2000 Mahl weniger Wege, sich von der Mitte nach der Oberfläche fortzupflanzen.

Diese Voraussetzung und die daraus gemachten Folgerungen können wohl schwerlich in aller Strenge ihre Richtigkeit haben, indem es nicht erweislich ist, daß die Mittheilung der Wärme von dem Verhältnisse der an einander gränzenden Mittel abhängt, sondern es vorzüglich mit auf viele andere Umstände ankommt, welche ihr wärmeleitendes Vermögen bestimmen. M. s. **Wärme.** Die hauptsächlichste Ursache des Wärmesammlers liegt wohl in der durch Herschel entdeckten Eigenschaft der Wärme, eben so gut, wie das Licht, gebrochen, und auf solche Art mehr condensirt zu werden.

M. s. Gothaisches Magazin für das Neueste aus der Physik und Naturgeschichte, B. II. St. 4. S. 113 f.

Wärmestoff, s. **Wärme.**

Wage (libra, bilanx, balance) heißt ein mechanisches Werkzeug, welches dazu dient, das Gewicht eines Körpers vermittelst eines Gegengewichts zu bestimmen. Wenn das Gegengewicht alle Mahl so schwer seyn muß als der abzuwägende Körper, so heißt die Wage eine **gemeine Wage.** So sind die Kramerwage, die Probierwage, die Goldwage u. s. f. lauter Wagen der gemeinen Art, welche sich unter einander in nichts weiter als durch ihre verschiedene Schärfe und Empfindlichkeit unterscheiden. Wenn hingegen mit einerley Gegengewicht das Gewicht eines jeden Körpers bestimmt

bestimmt werden kann, so heißt sie eine **Schnellwage.** Von letzterer ist bereits in einem eigenen Artikel geredet worden; es wird also im gegenwärtigen Artikel nur das Wesentlichste von der gemeinen Wage beygebracht werden.

Was nun die Einrichtung der gemeinen Wage betrifft, so gebraucht man hierzu einen gleicharmigen Hebel (fig. 23.) a b, welcher seinen Schwerpunkt gerade in der Mitte seiner Länge hat. Dieser Hebel wird der **Wagebalken** (scapus, iuga, fléau) genannt. Wird also selbiger gehörig im Schwerpunkte unterstützt, so erhalten alsdann auch zwey gleiche Gewichte in gleichen Entfernungen vom Schwerpunkte einander das Gleichgewicht. M. s. Hebel. An beyden Enden des Balkens werden die Schalen mit ihren Ketten oder Schnüren aufgehängt, welche mit den ihnen zugehörigen Schnüren ein gleiches Gewicht besitzen müssen.

Die Absicht des Gebrauchs der Wage erfordert, daß der Balken bey gleichen in die Schale gelegten Gewichten die wagrechte Lage behalte, bey der geringsten Ungleichheit der Gewichte aber dieselbe verlassen, jedoch nicht in die vertikale Stellung kommen, sondern nur um einen gewissen Winkel von der horizontalen Linie abweichen, und alsdann ruhen soll. Ueberhaupt ist es bequem, dem Wagebalken eine solche Einrichtung zu geben, daß er bey einem sehr kleinen Uebergewicht auch nur wenig, aber desto mehr von der Horizontallinie abweicht, je größer das Uebergewicht ist.

Wenn man den Wagebalken in seinem Schwerpunkte q selbst unterstützen wollte, so daß er sich um denselben frey drehen könnte, so würde jener Zweck nicht erreicht werden. Denn es würde der Balken bey gleichen Gewichten nicht allein in horizontaler Lage, sondern in jeder andern schiefen ruhen (m. s. **Schwerpunkt**), und bey der geringsten Ungleichheit der Gewichte würde der Wagebalken nicht ruhen können, ohne nur in vertikaler Stellung. Denn in diesem Falle rückt der gemeinschaftliche Schwerpunkt des Ganzen auf die Seite des schwerern Gewichts p von q nach e hinüber; und weil nun dieser neue Schwerpunkt sich so lange um q drehen

muß, bis er vertikal darunter liegt, so muß auch der Wagebalken ab so weit fallen, bis die Linie ge, mithin auch die mit ihr parallele ab, in eine völlig vertikale Stellung kommt.

Dieserwegen wird der Wagebalken nicht im Schwerpunkte q selbst, sondern im Punkte f, der bey horizontaler Lage des Balkens vertikal über q liegt, ruhen. Auf solche Art wird ab bey gleichen Gewichten bloß in horizontaler, und in keiner andern Stellung ruhen. Denn in diesem Falle fällt der Schwerpunkt q, der sich frey um f drehen kann, so lange, bis er die niedrigste Stelle erreicht hat, d. h., bis er vertikal unter f liegt, und bringt dadurch allemahl die Linie ab in eine horizontale Lage. M. s. Schwerpunkt. Wenn dagegen ungleiche Gewichte in den Wagschalen liegen, so rückt der Schwerpunkt des Ganzen q nach e zu, auf die Seite des größern Gewichts p. Dieser neue Schwerpunkt e, welcher sich frey um f dreht, muß nun so lange sinken, bis er vertikal unter demselben zur Ruhe kommt, oder bis die Linie fe die lothrechte Lage cf erhalten hat. Es schlägt also ab nicht ganz um, sondern dreht sich nur um einen Winkel fort, welcher dem Winkel efq gleich ist, oder dessen Tangente $= \frac{qe}{fq}$ ist. Dieser Winkel wird nun der Ausschlag genannt.

Rückt also bey der Ungleichheit der Gewichte der gemeinschaftliche Schwerpunkt des Ganzen in e, so findet man

$$eq = \frac{\frac{1}{2}ab}{p+r}(p-r), \text{ mithin}$$

$$\frac{eq}{fq} = \frac{\frac{1}{2}ab}{fq} \cdot \frac{p-r}{p+q};$$

da nun ab und fq bey jeder Wage unveränderlich sind, so wird sich die Tangente wie das Uebergewicht p — r verhalten, wenn sich nur p und r nicht beträchtlich ändern. Es folgt also daher, daß sich der Ausschlag allemahl nach der Größe des Uebergewichts richtet.

Eine

Eine Wage wird schnell genannt, wenn sie bey der geringsten Ungleichheit der Gewichte einen merklichen Ausschlag gibt; sie heißt aber eine faule Wage, wenn der Wagebalken allererst bey einer ziemlich beträchtlichen Ungleichheit der Gewichte von der Horizontallinie abweicht. Wenn die Voraussetzung angenommen wird, daß sich der Wagebalken frey und ohne alle Friktion um f drehen kann, so ist die Wage desto schneller, je kleiner die Höhe q f des Bewegungspunktes f über dem Schwerpunkte q ist, und desto fauler, je größer diese Höhe ist. Denn die Tangente des Ausschlages $= \frac{qe}{fq}$ ist desto größer, je kleiner fq ist; mithin ist auch der Ausschlag desto größer, je weniger f von q absteht. Es kann daher die Wage die größte Empfindlichkeit erhalten, wenn man den Punkt f, um welchen sich der Balken drehet, so nahe als möglich an den Schwerpunkt q setzt. Fiel f mit q selbst zusammen, so wären Empfindlichkeit und Ausschlag unendlich groß, oder die Wage schlägt bey der geringsten Ungleichheit der Gewichte ganz um, wie schon ist gezeigt worden.

Die Größe der Empfindlichkeit einer Wage hängt allein von der Absicht beym Gebrauche derselben ab. Eine Probierwage erfordert einen sehr hohen Grad von Empfindlichkeit, welcher bey der gemeinen Kramerwage mehr hinderlich als vortheilhaft seyn würde. Denn in solchen Fällen, wo man nur bis auf halbe Quentchen richtig wiegen will, würde es ungereimt seyn, der Wage eine Empfindlichkeit für einzelne Grane zu geben. Wie weit also der Umdrehungspunkt von dem gemeinschaftlichen Schwerpunkte abstehen müsse, muß durch den Gebrauch der Wage bestimmt werden.

Gute praktische Vorschriften zu Abtheilungen der Wagebalken findet man beym Leupold *). Er theilt die halbe Länge des Wagebalkens für sehr empfindliche Wagen in 8, für gemeine Handwagen in 7, für die größern Kramerwagen in 6, und für Wagen, die zur Abwägung sehr großer

*) Theatr. static. Leipz. 1776. Fol. S. 22.

Lasten bestimmt sind, in 5 oder 4 Theile ab. Mit der Hälfte eines solchen Theils wird aus dem Schwerpunkte q ein Kreis beschrieben, und dessen Durchmesser abermahls in 8 Theile getheilt. Hieraus gibt er nun noch mehrere Vorschriften, die übrigen Abmessungen des Balkens durch Zeichnung zu finden, wobey fq jeder Zeit $\frac{1}{8}$ des Durchmessers von eben gedachtem Kreise genommen wird. Hiernach ist also fq : $\frac{1}{2}$ ab = 1 : 64 für die empfindlichsten und 1 : 32 für die unempfindlichsten Wagen. Für jene würde bey 1 Gran Uebergewicht über 1000 Gran, p = 1001, r = 1000, folglich die Tangente des Ausschlags = $\frac{64}{1001}$, d. h. beynahe = 0,032 seyn, wozu der Winkel nach den Tafeln = 1° 50′ gehört.

Es wird aber hierbey vorausgesetzt, daß alle Friktion gänzlich wegfällt. Um die Friktion in der Ausübung so viel als möglich zu vermindern, so werden nicht allein der Balken, die Ketten oder Schnüren mit ihren Schalen so leicht verfertigt, als es ohne Schaden ihrer Festigkeit in Rücksicht der Lasten, welche die Wage zu tragen hat, thunlich ist, sondern es wird auch den Wagen eine eigene Art von Aufhängung gegeben. Es werden nähmlich in der Vertikallinie durch q oberhalb q etwa bey f, auf beyden Seiten des Wagebalkens ein Paar Zapfen angebracht, die entweder so genau als möglich cylindrisch gearbeitet werden, oder, welches noch besser ist, sie müssen unterwärts sich in eine Schärfe, nach Art eines Keils, endigen. Diese Zapfen werden mit dem Balken in die runden Löcher oder Pfannen der aus zwey Blättern bestehenden Zange oder Schere eingelegt, so daß ihre Schärfen auf dem innern recht glatten Umfange der Pfannen ruhen, und sich beym Drehen um f auf den Pfannen nicht schieben, sondern nur auf ihrer Schärfe hin und her wiegen. Auf solche Art wird das Reiben fast gänzlich vermieden. M. s. Reiben (Th. IV. S. 229). Um endlich den Ausschlag bey der Ungleichheit der Gewichte recht sinnlich zu machen, wird noch der Wagebalken auf die Mitte seiner Länge mit einer senkrechten Zunge fg versehen.

Wenn nun die Schere am obern Ende gehalten, oder irgendwo aufgehangen wird, so stellt sie sich von selbst durch das Gewicht des Ganzen lothrecht; spielt alsdann die Zunge genau in der Mitte der Schere, so liegt auch der Wagebalken völlig horizontal. Wenn hingegen der Balken in einer schiefen Lage stehen bleibt, so wendet sich auch die Zunge auf die Seite des schwereren Gewichts, und der Abweichungswinkel des schiefliegenden Wagebalkens von der horizontalen Lage gibt den Ausschlag an. Die beyden Endpunkte a und b des Balkens, an welchen die Schnüre oder Ketten mit den Schalen hangen, befinden sich mit dem Umdrehungspunkte in gerader Linie.

Eine falsche Wage ist eine solche, in welcher ungleiche Gewichte bey horizontaler Lage des Wagebalkens im Gleichgewichte sind. Folglich sind nach den Gesetzen des Hebels die Arme des Wagebalkens einer solchen Wage von ungleicher Länge. Und wenn die Wage bey ledigen Schalen horizontal stehet, so sind die Schalen mit ihren zugehörigen Schnüren ungleich groß, und die schwerere hängt am kürzern Arme, die leichtere am längern. Die Prüfung, ob eine Wage falsch sey, läßt sich leicht auf folgende Art anstellen; man verwechsle die Schalen, so wird die schwerere Schale am längern Arm, und die leichtere am kürzern Arm kommen, mithin jene einen Ausschlag geben. Es kann auch eine richtige Wage falsch werden, wenn sich ihre Arme ungleich beugen, und folglich die Endpunkte a und b ungleiche Entfernungen vom Umdrehungspunkte erhalten. Inzwischen läßt sich aber doch auch durch eine falsche Wage das Gewicht einer Ware oder einer andern Sache finden; wenn man zuerst versucht, was für ein Gegengewicht nöthig sey, wenn die Ware in einer Schale liegt, um den Wagebalken in horizontale Stellung zu bringen; und ferner untersucht wird, mit welchem Gegengewicht dasselbe erfolgt, wenn die Wage in der andern Schale liegt; das wahre Gewicht der Ware zwischen beyden Gegengewichten ist die geometrische mittlere Proportionalgröße. Man setze nähmlich das Gewicht der Ware

 = x,

= x, und nehme an, daß p und r die in beyden Wagschalen nöthigen Gegengewichte sind, so hat man vermöge des Gesetzes des Hebels

$$bq : aq = p : x \text{ und}$$
$$bq : aq = x : r; \text{ mithin}$$
$$p : x = x : r, \text{ und } x = \sqrt{pr}.$$

Exemp. Es sey p = 16 Unzen, q = 15 Unzen, so wäre $x = \sqrt{16 \times 15} = 15{,}49$ Unzen. In diesem Falle hätte man also $bq : aq = 16 : 15{,}49 = 1600 : 1549$, mithin aq etwa um $\frac{50}{1600}$ oder $\frac{1}{32}$ kürzer, als bq.

Eine sehr genaue Wage von Ramsden, welche ein Gewicht von 10 Pfunden halten kann, und auf ein Milliontheilchen des ganzen Gewichts einen Ausschlag gibt, findet sich beym Rozier [α]) und im Gothaischen Magazin [β]).

Für besondere Absichten erhalten auch die Wagen eigene Einrichtungen, von welchen Leupold [γ]) einige Arten beschreibt. Eine besonders für den Physiker merkwürdige ist Leupold's Universalwage. Der Balken derselben ist ein hölzernes völlig reguläres Parallelipipedum, welches in eine Anzahl gleicher Theile getheilt, und mit gewöhnlichen unten abgeschärften Zapfen in Pfannen, welche auf einem Stative sich befinden, eingelegt. Hierzu gehören Schieber, an welche man Gewichte hangen, und sie nach Belieben an jenen oder diesen eingetheilten Punkt bringen kann. Da der Balken schon lang genug ist, um seinen wagrechten Stand durch das Augenmaß deutlich zu erkennen, so bleiben Schere und Zünge weg. Durch dieses Instrument lassen sich die meisten Sätze der Theorie des Hebels und Schwerpunkts durch Versuche prüfen, und wenn die Zapfen beweglich sind, so kann man auch damit die Lehre von der verschiedenen Empfindlichkeit der Wagen und der besten Stelle des Aufhängungspunkts erläutern. Auch die Probierwage, welche

α) Journal de physique. Août 1788.

β) B. VI. St. 4. S. 100.

γ) Theatr. static. vniuers. Tab. V.

welche zu den feinsten Abwägungen gehört, beschreibt Leupold, und noch deutlicher Cramer [α]).

Von der ganz gemeinen Wage kann Leupold nachgelesen werden, so wie genauere Beschreibungen von Wagen Rosenthal [β]) und Hanin [γ]) gegeben haben.

Die Theorie von den so genannten Schalwagen gibt Euler [δ]), und noch vollständiger Schmidt [ε]). Zugleich fügt letzterer eine Beschreibung einer sehr genauen und empfindlichen Wage bey, welche vom Herrn Hauff in Darmstadt verfertigt ist. Der Wagebalken an dieser Wage ist durchgehends von Eisen gearbeitet, und seine beyden Arme stellen ein Paar gleiche und ähnliche achteckige abgestumpfte Pyramiden vor. Die Achse ist von gehärtetem Stahl, und hat die Gestalt einer scharfen Schneide, deren Seitenflächen einen Winkel von 45° mit einander machen. Damit die Achse der Linie dem Aufhängepunkte der Schalen so nahe gebracht werden könne, als man wolle, und damit die beyden Arme des Balkens mit leichter Mühe und vollkommen genau gestellt werden könne, so sind hierzu eigene Vorrichtungen angebracht. Zwey stählerne Schrauben, welche sich in Spitzen endigen, befinden sich an den Enden des Balkens, und eine davon spielt an einem messingenen Gradbogen auf und nieder, und gibt dadurch die Größe des Ausschlagwinkels an; dagegen die andere den horizontalen Stand des Wagebalkens anzeigt, weil sie auf eine am Gestelle befestigte Schneide weiset, während die erste Spitze auf Null stehet. Auf solche Art ist die Zunge entbehrlich, und die ganze Wage empfindlicher geworden.

Die

α) Elementa artis docimasticae, Lugd. Batav. 1739. 8. Anfangsgründe der Probierkunst übers. von Gellert. Leipz. 1749. 2te Aufl. 1766. 8. Th. I. §. 504.

β) Acta Acad. elect. Mog. ad an. 1784 et 1785. Erford. 1786. 8. maj. N. 6.

γ) De bilancibus. comment. Petrop. To. X. p. 9.

δ) Theorie und Beschreibung einer sehr vollkommenen phys. Wage in dessen Samml. phys. mathemat. Abhandl. B. I. Gießen 1793. 8. Gothaisches Magazin für das Neueste der Phys. u. Naturg. B. IX. St. 3. S. 71 f.

ε) Sammlung gemeinnütziger Maschinen. Berl. u. Stralsund. 1778.

Die Schneide der Achse ruhet auf den hohen Kanten zweyer Achatplättchen, welche an dieser Kante kreisförmig abgeschliffen sind, so daß die Achsenschneide eigentlich nur auf zwey horizontalen geraden Linien ruhet. Weil aber bey dieser freyen Bewegung der Achse auf ihren Unterlagen dieselbe leicht aus der Mitte ihrer Unterstützungen verrückt werden könnte (wodurch in diesem Falle zwar keine Unrichtigkeit verursacht, aber doch der Wagebalken in eine andere Ebene der Bewegung gebracht würde,), so ist wiederum eine eigene Vorrichtung angebracht worden, wodurch man bloß durch ein Auf- und Niederschrauben der Achatplättchen die verrückte Achse viel genauer in ihre gehörige Lage stellen kann, als dieß nach dem Augenmaße aus freyer Hand zu bewerkstelligen möglich wäre.

Die Wagschalen selbst sind von dünnem Messingblech. Jede hängt an drey messingenen Kettchen, welche oben in einem stählernen Ringe zusammengefaßt sind, mittelst dessen sie an den Häkchen des Wagebalkens hängen. Die Häkchen so wohl, als auch die Kettenringe hängen auf Schneiden, so daß der Zug der Gewichte beständig nach lothrechten Richtungen erfolgen muß.

Da diese Wage bey ihrer außerordentlichen Empfindlichkeit durch die geringste Bewegung der Luft in Unruhe gebracht wird, und außer dem möglichst vor dem Staube bewahrt werden muß, so kann man ein gläsernes Gehäuse darüber machen lassen, auf dessen Vorderseite zwey Flügelthüren angebracht sind, damit man, ohne das Instrument aus dem Gehäuse zu nehmen, alle bey einem genauen Abwägen nöthigen Arbeiten verrichten könne.

Der Wagebalken selbst wird auf folgende Art gleicharmig gestellt. Nachdem man die messingene Fußplatte durch eine Wasserwage horizontal gemacht hat, bringt man die Schneide und den Punkt Null des Gradbogens in einerley senkrechten Höhe über die Fußplatte; alsdann schraubt man die Unterstützung des Wagebalkens so lange hin und her, bis sie sich mit eben gedachtem Punkte in einer wagrechten

Ebene

Ebene befindet. Dieß ist der Fall, wenn die Spitzen des Wagebalkens im horizontalen Stande zugleich auf die Schneide und auf die Null treffen, und bey einem geneigten Stande die eine Spitze so viel über diese Horizontallinie erhaben, als die andere darunter vertieft ist. Hierauf werden zwey gleiche Gewichte, vor der Hand in einerley Wagschale, möglichst genau abgewogen, der Wagebalken wird nach hinweggenommenen Schalen durch Verschraubung zweyer Messingblättchen an den Spitzen für sich ins Gleichgewicht gebracht; hernach an beyden Enden mit den gleichen Gewichten belastet, und sodann die besondern messingenen Stücke so lange hin und her geschraubt, bis beyde Gewichte, sie mögen verwechselt werden, wie sie wollen, den Wagebalken in einer horizontalen Stellung erhalten. Da nun aber bey Verlängerung und Verkürzung des Armes auch das Moment desselben verändert wird, so muß man, wenn der Wagebalken mit den Gewichten horizontal stehet, dieselben wieder abnehmen, um zu sehen, ob er es auch ohne Gewicht bleibt. Geschieht dieß nicht, so muß man es durch Verschraubung des Messingblättchens an der Spitze zu bewerkstelligen suchen, und so lange abwechselnd den Wagebalken bald mit, bald ohne Gewichte probiren, bis er unter dreyerley Umständen horizontal stehen bleibt. Eine vollkommene Abgleichung dieser Art erfordert viel Zeit und Geduld. Herr Schmidt hat bey seiner Wage die beyden Arme bis auf $\frac{1}{10000}$ der ganzen Länge abgeglichen. Der Beweis für diese Angabe ist sehr lehrreich; eben so wie die beygebrachte Methode, nach welcher er die Gewichte bis auf Viertel von Richtpfennigstheilen abgeglichen hat.

Die größte Last, welche auf dieser Wage abgewogen werden kann, ohne daß ihr Bau im mindesten dadurch leidet, ist 1 bis $1\frac{1}{2}$ Pfund in jeder Schale. Bey 1 Pfund gibt ein Richtpfennigstheil an einer Seite zugelegt $\frac{1}{2}$ Grad Ausschlag. Ist die Wage durch keine andere Gewichte, als die bloßen Schalen, beschwert, so gibt sie $\frac{1}{8}$ Richtpfennigstheil mit $\frac{1}{2}$ Grad Ausschlag an.

Die

Die Ramsdensche und Hauffsche Wage besitzen zwar beyde eine sehr große Empfindlichkeit; allein sie haben doch diese Unbequemlichkeit, daß sie erst nach einer langen Vorbereitung, und daher nicht allenthalben gebraucht werden können. Dieser Unbequemlichkeit abzuhelfen, und zugleich eine solche Wage zu besitzen, welche sich bequem forttragen und ohne vorhergehende horizontale Stellung benutzen lasse, erfand Herr Lüdicke *) eine eigene Vorrichtung, welche so empfindlich ist, daß, wenn in jeder Wagschale 1 Pfund liegt, der Zeiger sehr deutlich $\frac{1}{5}$ eines Ducatenasses bemerkt. Er zeigt daher $\frac{1}{48580}$ desjenigen Gewichts an, welches in der Schale liegt.

Die Länge des Balkens an dieser Wage ist 18 Dresdner Zoll, in der ganzen Länge $\frac{1}{3}$ Zoll breit oder dick, und in dessen Mitte (fig. 24.) bey c i hat er eine Länge von 3 Zoll, da, wo die viereckte Hülse aufgeschoben, ist die größte Höhe oder Stärke von beynahe $\frac{3}{4}$ Zoll. Uebrigens ist dieser Balken von Eisen gearbeitet. Die vierkantige messingene Hülse c i schließt sehr scharf an, und kann mittelst der Schrauben d d festgestellt werden. Sie führt unten die beyden messingenen Bänder, welche den Weiser m n tragen. Die vordere und hintere Wand dieser Hülse ist in ihrer Mitte durchschnitten, damit der viereckige messingene Rahmen f g sich in diesem Durchschnitte herauf und herunter bewegen kann. Die höhere oder tiefere Stellung dieses Rahmens geschieht mit Hülfe der beyden Gegenschrauben e e, welche auf der obern und untern Wand der Hülse aufsitzen. In der Mitte dieses Rahmens sind auf beyden Seiten die stählernen Zapfen befestigt, welche, wie gewöhnlich, eine scharfe Kante haben, mit welchen sie in den flach ruhenden Lagern aufruhen. An den Enden laufen diese Zapfen, da, wo sich die scharfe Kante endigt, in eine ein wenig stumpf geschliffene Spitze aus. Diese Spitzen der Zapfen dienen dazu, daß so wenig als möglich Friktion entstehe. Denn die Weite der Zange ist genau

*) Beschreibung einer genauen und bequemen Wage nach einer neuen Vorrichtung in Gilbert's Annalen der Physik. B. I. S. 123 ff.

genau so eingerichtet, daß nur ein kleiner Spielraum für diese Spitzen übrig bleibt, damit das Hin- und Herschieben der Zapfen an den Lagern verhüthet werde.

Auf die beyden Enden des Wagebalkens sind die Stahlplatten a b und k l mit zwey Schrauben aufgeschraubt, welche die stählernen scharfen Zapfen führen, auf den die Oehre vom starken Drahte hängen. Die scharfe Kante dieser Zapfen neiget sich von der Mitte ein wenig herunter, oder hat eine sehr flache Einbiegung, damit sich die Oehrchen nicht hin und her schieben können. Diese Oehrchen haben nur eine schwache Federhärte, aber die Stahlplatten und alle Zapfen haben die Härte der schneidenden Werkzeuge bey Eisen- und Stahlarbeiten. Die gleiche Länge der Arme des Wagebalkens wird zuförderst so nahe als möglich durch das Hin- und Herschieben der Hülse c i bestimmt; die feinere Bestimmung der gleichen Längen hingegen geschieht durch Verrückung einer der Stahlplatten a b oder k l. Diese Stahlplatten haben zu dieser Absicht langrunde Löcher, durch welche die Schrauben gehen. Zu mehrerer Bequemlichkeit kann man auch hier, wie bey der Hauffschen Wage, eine Zugschraube anbringen.

Das Gestell der Wage besteht aus einem Bodenbret, in welches eine senkrechte Säule befestigt ist, welche oben einen Arm trägt. Auf jeder Seite dieses Armes ist eine messingene Platte geschraubet, welche die Zapfenlager der Zapfen für die Schere enthalten. Durch Hülfe dieser Zapfen bewegt sich die Schere vor- und rückwärts. Innerhalb der beyden Lappen der Schere sind zwey Messingplatten angeschraubt, welche die Zapfenlager der Zapfen h h enthalten. Es wird daher durch die Bewegung dieser Zange bewirkt, daß die Zapfen h h jedesmahl eine horizontale Lage haben. An den beyden Außenseiten der Schere befinden sich zwey stählerne Zapfen, deren scharfe Kanten in die Höhe gerichtet sind, und mit den Kanten der scharfen Zapfen h h in geraden Linien liegen. Um dieß desto bequemer bewerkstelligen zu können, sind die stählernen Zapfen an die innerhalb der

Schere befestigten Platten eingeschraubt, und gehen durch die Seitenwände der Schere hindurch; an diesen Zapfen hängt eine andere Schere, welche oben weit genug ist, um sich frey bewegen zu können; unten aber braucht sie nicht viel weiter zu seyn, als zur freyen Bewegung des Weisers nöthig ist. An dem untern Ende führt diese Zange ein Gewicht, das sich der richtigen Stellung wegen verschieben und stellen läßt, und welches beyde Scheren in einer vertikalen Richtung erhält. Dieß Gewicht welches nach Umständen ½ Pfund oder 1 Pfund schwer, oder noch schwerer seyn kann, hat unten eine Schraube mit einem breiten Kopfe, über welchem sich ein federhart geschlagenes Messingblech befindet, das sich um einen Stift herum drehet, und vermittelst seiner Elasticität die beyden Zangen fest hält, damit sie sich nicht bewegen können, wenn man die Wage forttragen will. Alle sechs Zapfenlager bey dieser Wage sind von einer guten Spiegelmasse, welche in das Messing eingelöthet worden, verfertigt.

Bey dem Gebrauche gewährt diese Wage viel Bequemlichkeit, da man vor ihr sitzen, und in gleicher Höhe mit den Schalen den Weiser zwischen den feinen Drähten bemerken kann. Eben diese Bequemlichkeit hat Herrn **Lüdicke** veranlaßt, einen heruntergehenden Weiser zu wählen. Die vertikale Richtung des Weisers so wohl als der beyden Absehen an der untersten Zange wird durch Umdrehung des Wagebalkens in der obern Zange berichtiget. Die Berichtigung der gleichen Länge beyder Arme des Wagebalkens geschieht vermittelst zweyer gleich schweren Gewichte, die man in den Wagschalen verwechselt, und nach deren Anzeige einen Arm durch Verrückung der Stahlplatte mit dem Zapfen kürzer oder länger macht. Das Gegengewicht des Weisers, welches ein Schraubenkopf ist, muß mit dem Weiser in einer vollkommen geraden Linie liegen. Hiervon überzeugt man sich, wenn der Ausschlag, oder der Bogen, den der Weiser mit der Vertikallinie einschließt, bey einerley Uebergewichte auf beyden Seiten gleich groß ist.

Ob nun gleich das Gewicht des Weisers durch ein Gegengewicht über dem Ruhepunkte ganz aufgehoben werden kann, so muß dessen ungeachtet bey jeder Wage ein unaufgehobenes Gewicht unter dem Ruhepunkte übrig bleiben, weil die Wage nicht gehörig einspielen, sondern bald auf diese bald auf jene Seite hin schwanken würde, wenn der Schwerpunkt nicht ein wenig tiefer, als der Ruhepunkt, läge. Wollte man dieses unaufgehobene Gewicht in einem gewissen Punkte des Weisers annehmen, oder auf diesen Punkt reduciren so entständen folgende Fragen: 1) wie groß dieses unaufgehobene Gewicht sey, und 2) was es für einen Nachtheil für die Wage hervorbringe. Herr **Lüdicke** findet jenes Gewicht 22,9 Aß. Bey der Untersuchung der zweyten Frage findet er bey einem 10 Mahl so großen Uebergewichte den Ausschlagewinkel 4° 59′ 15″, mithin um 45″ kleiner, als der 10fache Winkel hätte seyn sollen; bey einem 30fachen Uebergewicht findet er den Winkel um ¼ Grad zu klein, als er hätte seyn sollen. Daraus erhelle, daß zwar die von der Vertikallinie weiter entferntern Grade des Gradbogens eigentlich kleiner werden müßten, daß aber auch dieser Fehler bey dieser Einrichtung fast zu klein sey, als daß er in Betrachtung gezogen zu werden verdiente, da ohnehin die Grade des Gradbogens zur Bestimmung des Uebergewichts bey allen Wagen nur als ein näherungsweises Maß anzusehen wären. Denn bey schwerern Gewichten falle der Schwerpunkt tiefer unter den Ruhepunkt, als bey leichtern; das aufgehobene Gewicht werde größer, und die Winkel würden kleiner.

Uebrigens besäßen die gemeinen Wagen mit den heraufgehenden Weisern, wenn sie sorgfältig bearbeitet sind, eine gewisse Flüchtigkeit, welche noch einige Bemerkungen verdienten. Wenn das unaufgehobene Gewicht der Wage, ohne Weiser betrachtet, das einzige der Schwere des Weisers vollkommen angemessene Gegengewicht wäre, und also deren Momente einander vollkommen gleich kämen, so befände sich der Schwerpunkt der Wage nebst Weiser in dem Ruhepunkte, und die Wage würde nicht einspielen. Wenn hingegen ein

solcher Weiser sein eigenes, ihm angemessenes, Gegengewicht hätte, welches sich vollkommen in seiner verlängerten Richtung unterhalb des Ruhepunkts befinde, so werde eine solche Wage mit den vorhergehenden Wagen, wenn alles Uebrige gleich sey, übereinkommen; die mittleren Grade würden gleich, und die entferntern etwas kleiner werden. Um aber die Flüchtigkeit dieser Wage zu befördern, nehme man aus beyden Fällen das Mittel, und gebe dem Weiser ein kleineres Gegengewicht, als sein Gewicht erfordere, damit ein Theil vom Gewichte des Weisers einen Theil des unaufgehobenen Gewichts der Wage, wenn der Schwerpunkt aus der Vertikallinie gerückt sey, aufhebe. Hierdurch werde daher der Winkel, den die Zunge mit der Gabel einschließe, größer gemacht; welches für diese Art von Wagen, wobey man bloß auf den ersten Ausschlag sehe, sehr vortheilhaft sey. Da hiernächst das Gegengewicht des Weisers in dem prismatischen Stücke des Wagebalkens unterhalb der Zapfen vertheilt sey, so werde nun ein Theil dieses Gegengewichts auf der entgegengesetzten Seite der Vertikallinie fortrücken, wenn die Wage auszuschlagen anfange, und der Weiser werde daher auch in dieser Rücksicht einen größern Bogen beschreiben, als wenn das Gegengewicht in der verlängerten Richtung des Weisers gelegen hätte, und zwar bis dahin, wo das Gegengewicht ganz außerhalb der Vertikallinie liege. Solchem nach hingen die Grade des Bogens zugleich von der Gestalt des prismatischen Stücks ab; in der Nähe der Gabel wären sie viel größer; die mittleren Grade wären ungleich, und die letztern kleiner. Man würde daher nicht wohl thun, wenn man eine auf diese Art eingerichtete Wage mit einem Gradbogen verbinden wollte. Dieser Fehler in Rücksicht des Gradbogens lasse sich jedoch bey dieser Wage dadurch verbessern, daß man in der Richtung des Weisers unterhalb des Ruhepunktes ein Stäbchen anbringe, an welchem sich das Gegengewicht des Weisers befinde. Alsdann falle aber der vorhin bemerkte Vortheil, ihre besondere Flüchtigkeit, hinweg.

Auch

Auch diejenigen Wagen, welche keinen besondern Weiser hätten, und wo die Arme des Wagebalkens die Stelle des Weisers verträten, seyn von jener Abweichung nicht gänzlich frey. Auch bey ihnen finde ein nicht unaufgehobenes Gewicht Statt, welches bey schwereren Gewichten, die man auf denselben abwägen wolle, schwerer werden, und die äußersten Grade etwas kleiner machten. Wenn aber die darauf zu wägenden Gewichte meisten Theils beynahe dieselben, oder wenigstens nicht viel größer oder kleiner würden, als das Gewicht, für welches man die Wage eingerichtet habe, so sey diese Art die einfachste und sicherste für Gradbogen ganz vorzüglich zu empfehlen.

M. s. Karsten Lehrbegriff der gesammten Mathematik. Th. III. Statik. Abschn. V.

Wage, hydrostatische (bilanx hydrostatica, balance hydrostatique) ist eine Art der gemeinen Wagen, welche sich von den gewöhnlichen bloß darin unterscheidet, daß sie empfindlicher, feiner, und zu der Absicht, Körper in flüssigen Materien abzuwägen, eingerichtet ist. Dieserwegen werden die Wagschalen unten mit einem Häkchen versehen, um diejenigen Körper, welche in flüssige Materien eingetaucht werden sollen, mittelst Fäden oder Pferdehaare anzuhängen. Zu einer solchen Wage gehört eine eigene Geräthschaft, um alle mögliche Körper, feste und flüssige, in flüssigen Materien abzuwägen. s'Gravesande [α]) beschreibt eine solche Wage mit allem dazu gehörigen Apparate, so wie sie eingerichtet seyn muß, wenn man alle mögliche Schärfe sucht. Eine andere Einrichtung beschreibt Musschenbroek [β]), wozu man leichter gelangen kann, ob sie gleich nicht so viele Schärfe, wie die s'Gravesandische verspricht. Indessen ist sie doch zu den gemeinsten Versuchen immer sehr brauchbar. Ihre Einrichtung ist folgende. Der Wagebalken, auf welchem die Zunge senkrecht steht, wird mit seinen Zapfen auf die Zapfenlager gelegt, welche eine Stütze trägt. Eine Scheibe,

 welche

α) Elementa physices mathem. Tom. I. lib. III. cap. III. p. 421. ed. 4.
β) Element. phys. cap. XXIV. §. 677.

welche an dem einen Ende des Wagebalkens angehängt wird, ist unten mit einem kleinen Haken versehen, an welchem ein Stück massives Glas (eine Glasperle,) mittelst eines Pferdehaars aufgehängt werden kann. Man wählt Glas dieserwegen, weil Metalle von scharfen flüssigen Materien angegriffen werden würden. Am andern Ende des Wagebalkens muß ein Gegengewicht hängen, welches mit der Glasperle und der Scheibe in der Luft das Gleichgewicht hält. Wird hiernächst die Glasperle in eine flüssige Materie getaucht, so gibt alsdenn das Gegengewicht einen Ausschlag, und man muß auf die Scheibe so viele Gewichte hinzulegen, bis das Gleichgewicht hergestellt ist. Auf solche Art erfährt man den Verlust des Gewichts der Glasperle in der flüssigen Materie. Eine ähnliche Einrichtung der hydrostatischen Wage beschreibt **Daniel Menlös** [α]) in einer eigenen Abhandlung.

Eine ziemlich genaue hydrostatische Wage, welche angeblich von **Hawksbee'n** erfunden seyn soll, und von **Leupold** in Leipzig verfertigt worden, findet man abgebildet beym **Wolff** [β]). An dieser Wage ist die Zunge so angebracht, daß sie ganz frey am Wagebalken unterwärts hängt. An der Stütze, welche den Wagebalken trägt, hängt ein länglicher Körper, wie ein Perpendikel, frey herunter, und zwar so, daß eine auf dessen Mitte gezogene gerade Linie allemahl die Vertikallinie zeigt, das Instrument mag stehen, wie es wolle. Es steht also die Wage horizontal, wenn die Zunge diese Linie deckt.

Eine andere sehr bequeme Einrichtung einer hydrostatischen Wage beschreibt **Nollet** [γ]), welche er zu seinen gewöhnlichen Versuchen gebrauchte. Auf dem Deckel eines hölzernen mit Bley ausgefütterten Kastens, 20 Zoll lang, 6 Zoll breit und hoch, stehen nach der Reihe drey Gefäße, welche unten durch eine kupferne im Innern des Kastens befindli-

α) Kort Beskrifning of den Hydrostatisken Wäg-Balken, samt Underrättelse om deß Bruk ach Nytta. Stockh. 1728.

β) Nützliche Versuche, Th. I. §. 209.

γ) Kunst, physikalische Versuche anzustellen, Th. II. Leipz. 1775. 8.

findliche Communicationsröhre unter einander in Verbindung stehen. Diese Röhre besitzt vier Hähne, wovon zwey auf dem Deckel und die beyden andern an den beyden schmalen Seitenflächen des Kastens befindlich sind. Das mittlere größere Gefäß auf dem Deckel des Kastens hat einen zinnernen Deckel, welcher eine Dülle trägt, auf der die Hülse mit den Pfannen für die Zapfen des Wagebalkens steckt. An den Enden dieses Wagebalkens hängen lothrecht über die Oeffnungen der beyden andern Gefäße die beyden Wagschalen unten mit Häkchen versehen, um die abzuwägenden Körper daran hängen zu können. Beym Gebrauche dieses Werkzeuges wird das mittlere Gefäß mit der flüssigen Materie angefüllt, indem alle Hähne verschlossen sind. Will man alsdann einen an den Haken der einen Schale gebrachten Körper in die flüssige Materie eintauchen, so öffnet man nur denjenigen Hahn, durch welchen die flüssige Materie in das nöthige Gefäß läuft. Wenn man auch einen an dem andern Haken der Schale hängenden Körper in die flüssige Materie bringen will, so werden beyde auf dem Deckel des Kastens befindliche Hähne geöffnet, wodurch sich beyde Gefäße anfüllen. Soll endlich der eine Körper nicht mehr eingetaucht seyn, so läßt man die Flüssigkeit durch die Oeffnung des an der Seitenfläche des Kastens befindlichen und zum Gefäße gehörigen Hahn abfließen.

Um solche Körper, welche specifisch leichter sind, als diejenige flüssige Materie, worein sie eingetaucht werden sollen, in denselben abzuwägen, ist gewöhnlich bey dem zur hydrostatischen Wage gehörigen Apparate ein Glaseimer mit einem von Draht gegitterten Deckel befindlich, in welchen solche Körper gebracht werden können.

Auch hat Brander *) seine nach Lambert's Vorschriften zur Bestimmung des Salzgehalts der Solen eingerichtete Wage zum allgemeinen hydrostatischen Gebrauch eingerichtet. Sie stellt sich von selbst mit dem, was in die flüssige Materie eingetaucht wird, ins Gleichgewicht, und gibt

 auf

*) Beschreibung einer neuen hydrostatischen Wage. Augsb. 1771. 8.

auf einem eingetheilten Limbus das Verhältniß der specifischen Gewichte der verschiedenen flüssigen Materien und des Wassers, oder auch des Gewichts eines Cubikzolls der flüssigen Materie an. Ihre runden polirten stählernen Zapfen laufen auf zwey eingelegten Glascylindern mit ungemein geringer Friktion. Als Solwage kann dieses Instrument nützlich aber doch nicht zuverlässig seyn, weil **Lambert** die Grade nach Auflösungen reiner Salze bestimmt hat, da doch die gewöhnlichen Salzsolen viele Unreinigkeiten enthalten.

Ramsden *) beschreibt unter dem Nahmen einer **hydrometrischen Wage** folgende Vorrichtung. Sie besteht aus einem messingenen Hebel (fig. 25.) ungefähr $4\frac{1}{2}$ Zoll lang, der sich um eine Achse dreht. An dem einen Ende des Hebels ist ein Haken, woran eine Glaskugel mittelst eines Pferdehaars hängt. Die Achse des Hebels drehet sich in den Löchern zweyer Stützen herum. Diese Stützen sind so eingerichtet, daß sie sich beym Druck auf einen Kopf etwas aus einander begeben, wenn man im nöthigen Falle den Hebel aus seinem Lager herausnehmen will. An dem Hebel selbst befindet sich ein Schieber oder Laufer, der nach Gefallen bald an diese bald an jene Stelle gebracht werden kann. In den Hebel aber sind zwey Skalen eingegraben, von welchen die eine das eigentliche Gewicht der zu untersuchenden Flüssigkeit anzeigt, die andere aber die Menge der geistigen Theile, einer aus Wasser und Weingeist bestehenden Flüssigkeit, in Hunderttheilen des Raums angibt. Die erstere Skale hat 200 Abtheilungen, wovon die letzte gleich an dem Haken mit 1000 bezeichnet ist; die übrigen gehen von 10 zu 10, also auf 990, 980 u. f. bis auch 800 fort. Die andere Skale enthält nur 100 Abtheilungen, welche am Ende des Hakens anfangen, und allemahl bey der 10ten mit Ziffern versehen sind, z. B. 0, 10, 20 u. f. bis zu 100. Die Zeiger dieser Abtheilungen befinden sich am Schieber.

Das

*) An account of experiments to determine the specific gravities of fluids etc. Lond. 1792. 4. Gothaisch. Magazin für das Neueste aus der Phys. und Naturg. B. VIII. St. 3. S. 60.

Das Gefäß, welches die flüssige Materie enthält, kann von Glas und von Metall seyn. Um es bequem von einem Orte zum andern tragen zu können, ist es so eingerichtet, daß sich die Stützen an den Rand desselben befestigen lassen.

Der Gebrauch dieser Wage ist folgender; man gießt eine hinlängliche Menge der zu untersuchenden flüssigen Materie in das Gefäß, und legt die Stütze an den Rand desselben. Hierauf bringt man den Hebel in sein Lager, und senkt die Kugel in die flüssige Materie; den Schieber verrückt man aber so lange, bis man das Gleichgewicht erhalten hat, so wird dann der Zeiger des Schiebers so wohl das specifische Gewicht der flüssigen Materie in Tausendtheilen auf der einen Skale, als die Menge des Weingeistes, der sich in der Flüssigkeit befindet, auf der andern Skale in Hunderttheilen dem Raume nach bey einer bestimmten Temperatur angeben.

Auch hat Herr Schmidt die im vorigen Artikel beschriebene physikalische Wage zum Gebrauch bey hydrostatischen Versuchen eingerichtet. Es ist nähmlich die metallene Fußplatte des Gestelles senkrecht unter dem Aufhängepunkte der einen Skale durchbohrt. Eine ähnliche, aber etwas größere, Oeffnung befindet sich auch in dem hölzernen Boden des Gehäuses, welche sich auch mittelst eines Schiebers verschließen läßt. Bey den hydrostatischen Versuchen nimmt man die eine Wagschale weg, und hängt statt derselben eine längere Kette an, welche in das untergesetzte Gefäß reicht.

Sonst versteht man auch unter dem Nahmen der **hydrostatischen Wagen** solche Vorrichtungen, welche zur Bestimmung der specifischen Gewichte der flüssigen Materien dienen, z. B. die Aräometer, von welchen ein eigener Artikel handelt. Verschiedene Schriftsteller nehmen die Ausdrücke Aräometer und hydrostatische Wage für gleichbedeutend. So beschreibt **Wolff** die oben angeführte Hawksbeen'sche hydrostatische Wage unter dem Nahmen eines Aräometers.

M. s. **Karsten** Lehrbegriff der gesammten Mathematik. Th. III. Hydrostatik. Abschn. VI.

Wage des Roberval (vectis Roberualii, balance de Roberval). Unter diesem Ausdrucke ist eine Art von zusammengesetzten Hebel bekannt, welche im siebenzehenten Jahrhunderte Dr. **Roberval** den Mathematikern als ein mechanisches Paradoxon vorlegte *), weil daran Kräfte, die einmahl im Gleichgewichte sind, beständig in diesem Gleichgewichte bleiben, in was für eine Entfernung vom Ruhepunkte sie man auch bringen mag, ja sogar, wenn sie sich beyde auf der einen Seite des Ruhepunkts befinden.

Die vier Regeln (fig. 26.) a b, b c, c d, d a bilden zusammen ein Parallelogramm, und seyn durch vier Nägel a, b, c, d dergestalt mit einander verbunden, daß sie sich um selbige frey drehen können. Die beyden Regeln a b und d c sind in der Mitte mit den beyden andern Regeln e und f, an das Fußgestelle g h so befestigt, daß sie sich ebenfalls um selbige drehen lassen. Auf solche Art kann das ganze Parallelogramm die punktirte Lage annehmen, jedoch so, daß die beyden gegenüberstehenden Seiten beständig gleich und parallel, und a d und b c immer vertikal bleiben. Bringt man nun an diese Regeln a d und b c die Arme m i und n o senkrecht an, und befestigt dieselbe bey p und q so, daß sie sich nicht drehen können, so werden die gleichen Gewichte k und l im Gleichgewichte seyn, an was für Punkten der Arme m i und n o sie auch hängen mögen. Man hänge z. B. k an m und l an o, wie es die Figur vorstellt, so wird Alles im Gleichgewichte seyn, obgleich k dem Ruhepunkte oder der stehenden Säule g h näher, als l scheint.

Weil die Regel i m bey p ganz fest ist, so kann das in m aufgehangene Gewicht k nicht anders wirken, als wenn es in p angebracht nach der vertikalen Richtung a d wirkte. Wenn sich hingegen das Gewicht um p drehen könnte, so würde alsdann das Moment k . m p in Betrachtung gezogen werden müssen; weil aber diese Umdrehung wegen der Befestigung in p nicht Statt finden kann, ohne zugleich die Regel a d aus der vertikalen Lage zu bringen, so wird durch dieses

statische

*) Journal des savans. ed. Amst. 1670. p. 588 sqq.

statische Moment bloß eine Stemmung der beyden Kegeln ab und cd gegen die Nägel e und f zu Wege gebracht, und die ziehende Kraft nach der vertikalen Richtung an dieser Regel im ist weder stärker noch geringer, als wenn k an p selbst angebracht wäre, indem dieser Ruhepunkt des Hebels ipm das Gewicht p mit zu tragen bekommt. Die nähmliche Beschaffenheit hat es mit dem Gewichte l. Mithin bleibt Alles im Gleichgewichte, wenn nur p und q gleich weit von ef entfernt sind, und auf beyden Seiten Alles gleich schwer ist.

Der nähmliche Erfolg wird Statt haben, wenn der feste Arm im bis r verlängert würde, und k in r hinge, in welchem Falle k und l auf einerley Seite des Ruhepunkts zu hängen scheinen. Hierbey würde aber natürlich vorausgesetzt werden müssen, daß das Gewicht des Arms ir eben so schwer, als der kürzere no seyn müßte, wenn die Wage im Gleichgewichte seyn sollte.

Brisson gibt von dem Gleichgewichte dieser Wage einen scharfen Beweis, der sich auf die Zerlegung der Kräfte gründet.

M. s. Leupold theatr. static. vniuers. p. 59. Tab. XVII. fig. 2. 3. *Brisson* dictionn. raisonn. de phys. art. *Levier.*

Wagen, elektrischer (currus electricus, charriot électrique). Ein eigener Apparat, welcher dazu dient, einen elektrischen Drachen selbst beym Daseyn eines heftigen Gewitters in die Atmosphäre auffliegen zu lassen, ohne daß diejenige Person, welche den Versuch anstellt, irgend eine Gefahr wegen des Erschlagens zu befürchten hat. Im Jahr 1753. hatte de Romas bey einem Versuche mit dem elektrischen Drachen sehr gefahrvolle Wirkungen wahrgenommen. M. s. Drache, elektrischer. Da nun de Romas dadurch auf die nicht ungegründete Vermuthung kam, daß man bey der Annäherung des Gewitters den Blitz selbst auf sich leiten könnte, wenn man den Drachen zu dieser Zeit steigen ließe, und dabey die Schnur mit der Hand halten müßte, so ward er dadurch veranlaßt, einen Wagen mit drey Rädern zu erfinden, welcher eine Haspel trägt, aus der die leitende Schnur des Drachen gewunden ist. Dieser Wagen wird

von dem Experimentator in einiger Entfernung durch seidene Schnüre so regiert, wie es die Gewalt des Windes und die Absichten des Versuchs verlangen. Die Einrichtung ist hierbey so gemacht, daß man dem Wagen alle mögliche Wendungen geben, die Schnur aufhalten und loslassen, den Haspel isoliren oder mit der Erde verbinden, mit einem Worte, Alles, was man nur verlangt, mit der Schnur vornehmen kann, ohne ihr nahe zu kommen, oder auf die ganze Einrichtung anders, als durch seidene Schnüre zu wirken. Die Maschine selbst hat Brisson abgebildet. Jetzt ist der elektrische Wagen entbehrlich, da man leichtere und sicherere Mittel hat, die Elektricität ohne Gefahr zu beobachten, und die elektrischen Drachen bloß zu schwachen Elektricitäten gebraucht. M. s. Elektricitätszeiger.

M. s. *Brisson* dict. raisonn. de physique: art. *Charriot électrique*.

Wagrecht s. Horizontal.

Wahlverwandtschaft s. Verwandtschaft.

Wanken der Erdachse, Schwanken, Nutation (nutatio, deviatio, nutation, deviation). Unter diesem Ausdrucke versteht man eine kleine periodische Bewegung der Erdachse, welche von der Anziehung des Mondes auf die sphäroidische Gestalt der Erde bewirkt wird. Es hat nähmlich der Mond auf die Vorrückung der Nachtgleichen, welche jährlich 51 Sekunden ausmacht, den größten Antheil; es kann aber dieser nicht alle Jahre gleichförmig seyn, weil sich die Lage der Bahn des Mondes periodisch verändert, so wie seine Knoten zurückweichen, und er mehr oder weniger wie die Sonne sich vom Aequator entfernt. Dadurch verursacht er, daß der Winkel der Erdachse mit der Fläche ihrer Bahn, oder auch die Schiefe der Ecliptik aufs höchste um 9″ größer oder kleiner wird. Dieses Wanken hat eine Periode von etwa 18 Jahren, weil die Mondknoten in dieser Zeit den Himmel von Morgen gegen Abend herumkommen, und die Achse der Erde einen kleinen Kreis von 18″ im Durchschnitte um die wahren Pole beschreibt.

Flam-

Flamstead *) vermuthete schon durch Veranlassung der Newtonischen Theorie der Mechanik des Himmels eine Nutation der Erdachse, so wie auch Römer in einem von Horrebow β) angeführten Aufsatze vom Jahre 1692. ähnliche Gedanken geäußert hat. Allein damahls waren die Instrumente noch viel zu unvollkommen, um solche seine Bewegungen mit entscheidender Gewißheit zu bestimmen.

Als Jakob Bradley durch seine in den Jahren 1725. bis 1728 gemachten Beobachtungen eine kleine jährliche Bewegung an den Fixsternen entdeckte, so suchte er diese ebenfalls aus einem Wanken der Erdachse zu erklären; allein bey genauerer Untersuchung fand er, daß diese Bewegung eine ganz andere Ursache haben müsse. M. s. Abirrung des Lichts. Bey diesen äußerst genauen Beobachtungen nun, welche er über diese Abirrung bis zum Jahre 1747. fortsetzte, bemerkte er eine neue Verschiedenheit in der Größe, um welche das Vorrücken der Nachtgleichen die Abweichungen der Fixsterne änderte.

Im Jahre 1727., als der aufsteigende Knoten des Mondes in den Frühlingspunkt kam, schien das Fortrücken der am Colur der Nachtgleichen stehenden Sterne etwas größer, als sonst, geworden zu seyn. Im Jahre 1732., als der Knoten des Mondes bis zum Winterpunkte zurückgekommen war, hatte es seine gewöhnliche mittlere Größe; in den darauf folgenden Jahren ward es geringer bis 1736., wo der Mondsknoten in die Herbstnachtgleiche traf. In der andern Hälfte des Umlaufs der Mondknoten nahm das Fortrücken der Nachtgleichen wieder zu, so daß es 1741. seine mittlere Größe erreichte, und 1745. am Ende von 18 Jahren wieder eben so groß, als im Jahre 1727. war. Dabey hatten diejenigen Sterne, welche nahe am Colur der Sonnenwenden standen, ihre Abweichung von 1727. bis 1736. um 18″ weniger geändert, als es die mittlere Größe des Fortrückens verlangte; von 1736. bis 1745. hingegen veränderten sie dieselbe 18″ mehr, so

*) Histor. coelest. Britan. Tom. III. p. 113.

β) Basis astronom. Havniae 1735. 4. p. 66.

so daß sie am Ende von 18 Jahren, während der Zeitperiode die Mondsknoten einen völligen Umlauf gemacht hatten, alle wieder in den vorigen Stellen des Himmels sich befanden, wenn dabey das Fortrücken der Nachtgleichen mit betrachtet ward.

Bradley fand bald, daß diese Ungleichheit von der Anziehung des Mondes herrühre. Dieser hatte sich im Jahre 1727., da seine Knoten mit den Nachtgleichen zusammen fielen, in seinen größten Breiten auf $28\frac{1}{2}$ ($23\frac{1}{2} + 5$) Grade weit vom Aequator entfernen können, da er hingegen im Jahre 1736., da seine Knoten mit den Sonnenwenden zusammen fielen, nie weiter als $18\frac{1}{2}$ ($23\frac{1}{2} - 5$) Grade sich vom Aequator entfernen konnte. Daher hatte die Anziehung des Mondes im Ganzen genommen um 1727. unter einem weit größern Winkel, mithin viel merklicher, auf den Aequator der Erde gewirkt, und folglich das Fortrücken der Nachtgleichen weit mehr befördert, als es um 1736. geschah. Da nun Bradley am Ende der 18jährigen Periode von dieser scheinbaren Bewegung der Fixsterne sich völlig überzeugt hatte, so machte er sie mit ihren Gesetzen im Jahre 1748. in den philosoph. Transact. bekannt *).

Der damahlige Secretär der königl. Societät Machin fand bald, daß sich diese scheinbare Bewegung der Fixsterne mit allen daraus entspringenden Folgen sehr leicht erklären lasse, wenn man annehme, daß die Erdpole während der Zeitperiode von 18 Jahren, oder eines Umlaufs der Mondsknoten, einen kleinen Kreis von 18 Sekund. im Durchmesser beschrieben. Nach dieser Voraussetzung nähmlich lassen sich so wohl das periodische Ab- und Zunehmen des Fortrückens der Nachtgleichen, als auch die durch die Nutation der Erdachse verursachte Aenderung der Schiefe der Ecliptik, nebst den damit verbundenen Aenderungen der Länge, geraden Aufsteigungen und Abweichungen der Gestirne am leichtesten erklären und berechnen.

Wenn

*) Philos. Transact. num. 485. übers. im Hamb. Magazin, B. III. St. 6. Num. 1.

Wenn der aufsteigende Knoten des Mondes im Widder ist, so wird die Schiefe der Ecliptik durch die Nutation der Erdachse um 9″ vergrößert, weil alsdann der Weltpol um den Halbmesser dieses kleinen Kreises weiter vom Pole der Ecliptik absteher, dagegen wird sie um 9″ vermindert, wenn dieser Mondknoten in die Wage fällt, und der Weltpol im entgegengesetzten Punkte des Kreises sich befindet.

Die vollständige Erklärung der Nutation der Weltachse, welche durch die Anziehung des Mondes auf das Erdsphäroid bewirkt wird, macht eine sehr verwickelte Rechnung der physischen Sternkunde aus. D'Alembert *) hat zuerst durch eine sehr schöne Analyse die Bewegungen der Erdachse für jede beliebige Gestalt und Dichtigkeit der Schichten des Erdsphäroids bestimmt, und nicht allein mit den Beobachtungen übereinstimmende Resultate gefunden, sondern auch die wahren Abmessungen des kleinen Kreises, welchen der Erdpol beschreibt, bekannt gemacht, worüber Bradley's Beobachtungen noch einige Ungewißheiten zurückließen. Auch handelt de la Lande hiervon. M. s. Vorrücken der Nachtgleichen.

M. s. de la Lande astronomisches Handbuch, a. d. Franz. Leipz. 1775. 8. §. 794 u. f.

Wanken des Mondes, Libration s. Mond.

Wasser (aqua, eau). Dieser allgemein bekannte Körper ist im Zustande seiner Reinigkeit eine farbenlose, unschmackhafte, geruchlose und unentzündliche tropfbare Flüssigkeit. In diesem Zustande hat das Wasser alle diejenigen Eigenschaften, welche unter dem Artikel, Körper, flüssige, als Merkmahle tropfbar flüssiger Materien angeführt sind. Es muß also auch in Rücksicht des Drucks und der Bewegung den allgemeinen Gesetzen aller flüssigen Materien unterworfen seyn, wovon die Hydrostatik, Hydraulik und Hydrodynamik Unterricht ertheilen.

Weil

*) Recherches sur la précession des équinoxes et sur la nutation. Par. 1749. 4.

Weil das Wasser ein Auflösungsmittel sehr vieler Körper, besonders der Salze ist, so trifft man es in der Natur fast nie ganz rein an; das Regenwasser allein, wenn es mit gehöriger Sorgsalt aufgefangen wird, zeigt den größten Grad der Reinigkeit. So bald das herabgefallene Regenwasser aber in den Erdboden eindringt, und sich durch verschiedene Schichten hindurch ziehet, von welchen es Theile auflösen kann, wird es mehr oder weniger unrein, und erhält eben dadurch auch einen Geschmack.

Die Flüssigkeit des Wassers rührt wie überhaupt alle Flüssigkeit, von der Wärme her. Allein daraus läßt sich doch noch nicht mit den meisten Physikern behaupten, daß der flüssige Zustand des Wassers bloß zufällig, nicht wesentlich, wäre. Man kann keines Weges mit Gründen darthun, daß die Wärmematerie auf die Bestandtheile bloß mechanisch wirke, und seine kleinsten Theile gleichsam getrennt von einander halte; vielmehr ist es sehr wahrscheinlich, daß eine chemische Verbindung des Wärmestoffs mit den übrigen Bestandtheilen das Wasser bilde, und daß bey jeder Veränderung der Wärme in der atmosphärischen Luft demselben durch irgend eine Ursache Wärme entzogen und von demselben angenommen werde. Daher ist es auch begreiflich, daß das Wasser bey höhern Graden der Wärme der Atmosphäre mehr Wärmestoff im aufgelöseten Zustande enthalte, mithin flüssiger sey; bis endlich nach dem Sättigungspunkte die fernere Einwirkung der Wärme das Wasser entweder gänzlich in Dampf- oder zuletzt in Luftform verwandelt. Wenn daher der Physiker sagt, daß das Wasser geschmolzenes Eis sey, so muß man dieß keines Weges so verstehen, als wenn die kleinsten Wassertheile für sich hart wären, und die Wärme bloß durch ihre ausdehnende Kraft dieselben aus einander entfernt hielte, daß sie sich nicht zu einem harten Körper, d. i. zu Eis, verbinden könnten; vielmehr muß man sich diese Vorstellung machen, daß sich das Eis, wenn es schmelzt, mit der Wärme chemisch wieder zu Wasser verbinde.

Sonst

Sonst dehnt aber die Wärme in ihrem freyen Zustande das Wasser, so wie alle übrige Körper, immer mehr aus, je größer die freye Wärme wird; indessen erfolgen die Ausdehnungen bey gleichen Wärmegraden keines Weges gleichförmig, und selbst bey der Umänderung des Wassers in Eis dehnt sich dasselbe ungemein aus. Die Ursache davon liegt jedoch nicht in der Abnahme der Wärme, sondern vielmehr in der Wärme selbst, welche sich beym Uebergange des Wassers in Eis schnell entwickelt, in diesem freyen Zustande Dampf bildet, der die Wassermasse ausdehnt, und beym Gefrieren nicht entweichen kann. Eine andere Ursache der Ausdehnung des Wassers beym Gefrieren ist auch das Bestreben desselben sich in Krystallen unter gewissen Winkeln gegen einander anzulegen, und dadurch Veranlassung zu geben, daß ein größeres Volumen entstehe. Herr de Lüc *) verglich ein Quecksilberthermometer mit einem Wasserthermometer, beyde von 80 Graden, die zugleich Null zeigten, und fand, daß das Wasser bis auf — ½ herabfalle, indem das Quecksilber von 0 bis + 4° steigt; alsdann stieg jenes wieder bis 0, indem das Quecksilber von + 4 bis + 8 sich erhob. Es hatte demnach bey + 4° das Quecksilber das kleinstmögliche Volumen, und bey den Temperaturen 0 und + 8 gleiche etwas größere Volumina. Von + 8 bis zum Siedpunkte waren die Ausdehnungen des Wassers anfänglich gering, wurden aber nachher bey den letzten Graden der Hitze stärker. Wenn das Quecksilber 40° zeigte, hatte das Wasser erst 19,2 Grade erreicht; nachher aber wurden seine Ausdehnungen so stark, daß in der Siedhitze beyde Thermometer zugleich 80 Grade erreichten. Herr de Lüc hat aus dieser Beobachtung einige teleologische Bemerkungen gemacht. M. s. **Teleologie.**

Das Wasser wird beym gewöhnlichen Drucke der Atmosphäre bey der Temperatur von 212° Fahrenh. (80° Reaum.) in Dampf verwandelt, wodurch ein Aufwallen entsteht. M. s. **Dämpfe, Sieden, Windkugel.** Wenn aber das Wasser

*) Untersuchungen über die Atmosphäre. Th. I. §. 419. d. a.

ser in Gefäßen allenthalben eingeschlossen ist, so kann es bey einem größern Drucke, ohne zu sieden, weit höhere Grade der Hitze annehmen; je geringer aber der Druck auf die Oberfläche des Wassers wird, desto geringer braucht der Grad der Wärme zu seyn, wenn das Wasser kochen soll. So kann es in sehr verdünnter Luft schon durch die Berührung mit der Hand zum Kochen und Verdampfen gebracht werden. Daraus läßt sich aber nicht folgern, daß bey den gewöhnlichen Wärmegraden der Atmosphäre gar kein liquides Wasser gedenkbar wäre, wenn der Druck der Atmosphäre gänzlich aufhörte; denn sonst müßte es in der torricellischen Leere augenblicklich in Dampf verwandelt werden, welches der Erfahrung entgegen ist. Vielmehr geht die Verdampfung bey gleichem Drucke der Atmosphäre bey verschiedenen Wärmegraden auf verschiedene Gränzen, welche bey Aenderung des Drucks eine höhere Stufe erreichen, so daß die gänzliche Verdampfung des Wassers nicht anders Statt finden kann, als wenn die ausdehnende Kraft der Wärme die Schwere des Wassers gegen die Erde übertrifft. So lange also die Schwere des Wassers gegen die Erde die ausdehnende Kraft der Wärme im luftleeren Raume überwiegt, so lange kann auch nicht alles Wasser in Dampf verwandelt werden.

Uebrigens bringen die Dämpfe des Wassers, wenn sie eingeschlossen sind, durch ihre ausdehnende Kraft erstaunende Wirkungen hervor. Auf diese Art entstehen heftige Explosionen des Wassers, wenn es plötzlich einer großen Hitze ausgesetzt, und an der freyen Verbreitung seiner Dämpfe gehindert wird, z. B., wenn es in sehr heißes Oehl gegossen, oder geschmolzene und glühende Metalle in Gefäße gegossen werden, worin sich einige Tropfen Wasser befinden. Dagegen kann aber auch das Wasser bey chemischer Vereinigung sehr große Grade der Hitze plötzlich annehmen, ohne Explosionen zu bewirken, wie z. B. mit dem gebrannten Kalke und den feuerbeständigen Alkalien. Dieß beweiset, daß es nicht allemahl durch große Hitze in Dampf verwandelt wird. Es muß nähmlich diese Operation gänzlich wegfallen, wenn das

Wasser

Wasser mit Substanzen in Berührung kommt, die eine größere Verwandtschaft mit selbigem besitzen, als mit dem Wärmestoffe.

Zuletzt läßt sich aber auch das Wasser in Luftgestalt verwandeln, wie in der Folge weiter gezeigt werden soll.

Unter den mechanischen Eigenschaften des Wassers wird vorzüglich noch nöthig seyn, so wohl von seinem Gewichte als auch von seiner Elasticität zu reden. Es ist unter den Physikern allgemein angenommen worden, daß bey der Vergleichung der specifischen Gewichte der verschiedenen Körper das Gewicht des Wassers als die Einheit betrachtet wird, daher muß man die Größe dieser Einheit in allgemein bekannten Gewichtsmaßen bestimmen können, weil hiervon die Berechnung der absoluten Gewichte aller übrigen Körper abhängt, wenn man sie aus ihren specifischen Gewichten bestimmen will.

Wolff *) gebrauchte zur Bestimmung des Gewichts des Wassers einen hohlen Würfel von Messingblech, dessen innerer Raum bis an die darauf gezeichneten Linien genau einen Cubikzoll faßte. Das Brunnenwasser, welches diesen Raum ausfüllte, wog 1 Unze 15 Grän, oder 495 Grän. Dabey stund die Wage so genau inne, daß, als er noch zwey Gran zulegte, der Ausschlag einen Winkel von 7 Graden machte. Hieraus fand Wolff das Gewicht des rheinländischen Cubikfußes von diesem Brunnenwasser 495000 Grän oder 64 Pfund (das Pfund zu 16 Unzen gerechnet), 7 Unzen 2 Drachmen, und rechnet in seinen Schriften insgemein 64 Pfund Medicinalgewicht auf den Cubikfuß Wasser nach rheinländischem Maße.

Weil sich der rheinländische Fuß zum Pariser Fuß wie 13913 : 144000 verhält, so findet man das Gewicht eines Cubikfußes Wassers nach Pariser Maß, wenn man die Gewichtsangabe des rheinländischen (beynahe $64\frac{1}{2}$ Pfund;) im Verhältnisse der Cubikzahlen von 13913 und 144000 vergrößert.

*) Nützliche Versuche. Th. I. §. 7.

größert. Auf solche Art findet man $71\frac{1}{2}$ Pfund Medicinalgewicht, welches nach französischem Troysgewichte ungefähr $69\frac{2}{3}$ Pfund ausmacht. Gewöhnlich setzen die französischen Schriftsteller den Cubikfuß Wasser auf 70 Pfund Troysgewicht. Nach der neuern Gewichtsbestimmung in Frankreich ist das Gewicht des Cubikmeter Wasser = 2044,4 Pfund Markgewicht gesetzt, und der 1000ste Theil davon unter dem Nahmen Grave zur Einheit der Gewichte angenommen werden. Hierbey hat man aber nicht etwa neue und genauere Abwägungen zum Grunde gelegt, sondern das Gewicht des Cubikfußes = 70 Pfund angenommen. Denn da das Cubikmeter = 29,206 Cubikfuß ist, so hat man das Wassergewicht = 29,206 × 70 = 2044,4 Pfund genommen.

Noch andere Angaben findet man beym **Snellius** α) und **Eisenschmidt** β). Letzterer gibt das Gewicht eines Cubikzolles im Pariser Maß an:

von Flußwasser	5 Gros	10 Grän	im Sommer;
— Brunnenwasser	5 —	11 —	
— destill. Wasser	5 —	10 —	

im Winter hingegen um 3 Gran größer.

Wenn dergleichen Versuche einige Genauigkeit in ihren Resultaten geben sollen, so muß hierbey nicht allein auf die Beschaffenheit des Wassers, sondern auch auf die Temperatur der Atmosphäre Rücksicht genommen werden. **Musschenbroek** γ) ward hierauf zuerst aufmerksam gemacht, und fand das Gewicht eines rheinländ. Cubikfußes Brunnenwasser in Troysgewichten:

1740 bey 42 Gr. Wärme	63 Pf.	2 Unz.	1 Dr.	4 Gr.
1743 — 33 — —	63 —	4 —	4 —	16 —
1744 — 50 — —	63 —	0 —	3 —	$30\frac{1}{4}$ —
1752 — 46 — —	63 —	3 —	4 —	48 —
Regenwasser	63 —	3 —	7 —	9 —

nach

α) Eratosthen. Batav. Lugd. Batav. 1617. 4. Lib. II. p. 245.

β) De ponderibus et mensuris veterum. Argent. 1708. 8. p. 175.

γ) Introduct. ad philosoph. natural. Tom. II. §. 1499.

nach s'Gravesande	63 Pf.	7 Unz.	2 Dr.	40 Gr.
nach de Volder	63 —	4 —	7 —	36 —

Ein anderes Hauptersorderniß bey Versuchen dieser Art ist, daß der Würfel, den man dazu gebraucht, auf das genaueste gearbeitet sey; denn gesetzt, man bediene sich hierzu eines Würfels von 1 oder 2 Decimalcubikzollen, so wird ein geringer Fehler bey der Bestimmung des Gewichts des Cubikfußes Wasser durch denselben, 1000 oder 500 Mahl wiederhohlt, schon beträchtlich groß ausfallen müssen. Lulofs [α]), welcher nach van Swinden's Zeugnisse hierauf sehr große Sorgfalt wandte, und sich auch eines größern, mit vorzüglicher Genauigkeit gearbeiteten, Würfels bediente, fand das Gewicht eines rheinländ. Cubikfußes Regenwasser von 64° Fahrenh. 62 Pfund 9 Unz. 5 Drachm. 36 Grän im Troysgewichte. Ein noch anderer Umstand dabey ist die Genauigkeit und Richtigkeit der Gewichte, deren man sich bedient.

Karsten [β]), welcher mit Gren das Gewicht des Wassers genau zu bestimmen suchte, gebrauchte hierzu einen mit Fleiß verfertigten aus sechs messingenen Platten zusammengesetzten Würfel, wovon jede Seite genau zwey rheinländische Decimalzolle lang war; diesen versenkte er in ganz reines destillirtes Wasser, wenn es die temperirte Wärme von 60 bis 70° Fahrenh. hatte, und fand, daß der Würfel dadurch 16 Loth 3 Qu. $1\frac{1}{2}$ Grän köllnisch (oder $4021\frac{1}{2}$ Grän) am Gewichte verlor. Dieser Gewichtsverlust ist dem Gewichte des Wassers im Raume des Würfels, der 8 Cubikzoll beträgt, gleich; daher wiegt ein rheinländ. Decimalcubikzoll Wasser $502\frac{11}{16}$ Gran köllnisch, welches nach dem Verhältnisse 66949 : 65536 auf Medicinalgewicht reducirt im letztern $492\frac{1}{4}\frac{1}{8}$ oder fast $492\frac{1}{4}$ Grän gibt. Daß Wolff 495 Grän fand, rührt wahrscheinlich daher, weil er nicht destillirtes, sondern etwas schwereres Brunnenwasser untersuchte, auch vielleicht den Versuch in einer kältern Temperatur anstellte,

α) Grondbeginzelen der Wynrvey en Peilkunde. Leiden 1764. 8.

β) Anleitung zur gemeinnützlichen Kenntniß der Natur. Halle 1783. 8. §. 42.

stellte, wobey das Wasser eine größere Dichtigkeit besaß, mithin mehr davon in den Raum eines Cubikzolles ging, als bey größerer Wärme. Nach **Karsten's** Versuchen wiegt daher ein rheinländischer Cubikfuß reines destill. Wasser bey einer Temperatur von 64 bis 66 Grad nach Fahrenh $5026887\frac{1}{2}$ Gran im köllnisch. Gewichte, d. i.

65 Pfund 14 Loth 2 Quentch. $7\frac{1}{2}$ Grän,

und in Medicinalgewicht $492229\frac{1}{6}$ Grän, oder

64 Pfund 1 Unze 3 Drachm. 2 Scrup. $9\frac{1}{6}$ Grän.

Noch neuere Versuche über das Gewicht des Wassers hat H. Prof. **Schmidt** in Gießen angestellt, und sich dazu seiner unter dem Artikel: **Wage**, beschriebenen physikalischen Wage bedient. Er nahm einen Pariser Cubikzoll von Eisen, weil sich dieses Metall unter allen am schärfsten und genauesten abfeilen läßt. Durch Einsenkung dieses Würfels in destillirtem Regenwasser bey 16 Grad Temperatur nach **de Lüc** ($84\frac{1}{2}^{0}$ nach **Fahrenh.**) fand er das Gewicht des Duodecimalcubikzolles = 370,27 Grän, folglich das Gewicht des Pariser Cubikfußes

69,427 Pfund Troysgewicht, oder

72,625 Pfund kölln.

Durch ähnliche Versuche fand er das Gewicht eines Cubikzolles undestillirtes Regenwasser 370,44 Grän, oder den Cubikfuß 69,501 Pfund.

Was die Elasticität des Wassers betrifft, so hat man eine geraume Zeit darüber gestritten. Da man an tropfbar flüssigen Materien eine geringe oder wohl gar keine Elasticität wahrzunehmen glaubte, so gab dieß Veranlassung, dieselben als unelastisch flüssige Körper zu betrachten, und sie von den elastischen Flüssigkeiten, wohin besonders die Luftarten gehören, zu unterscheiden. Da aber doch verschiedene Physiker dem Wasser nicht alle Elasticität abzusprechen sich getraueten, und gleichwohl wahrgenommen wurde, daß es der Zusammendrückung durch äußere Gewalt einen fast unüberwindlichen Widerstand entgegensetzte; so haben sich die Meinungen hier-

über

über getheilt, deren Geschichte Herr Zimmermann α) erzählt hat.

Für die Elasticität des Wassers hat man den Grund angeführt, daß die unter einem spitzigen Winkel gegen dasselbe geworfene Steine oder geschossene Kugeln unter gleichem Winkel davon abprallen, und auf solche Art über eine lange Wasserfläche mehrere Sprünge in flachen Bogen machen. Ein solches Zurückspringen kann aber nach den Gesetzen des Stoßes nicht anders Statt finden, als bey elastischen Körpern. So sehr aber auch diese Erscheinung als Beweis für die Elasticität des Wassers dienen könnte, so läßt sich doch hieraus noch nicht mit Gewißheit dieselbe schließen, indem mir die Elasticität einer einzigen von beyden stoßenden Massen nöthig zu seyn scheint, um dieselbe Erscheinung hervorzubringen. Bellogradi β) hat zwar dieses Zurückprellen wirklich als einen Beweis für die Elasticität des Wassers angenommen. Er betrachtet das Wasser als eine feste Fläche, von welcher ein dagegen geworfener Körper zurück fliegt. Allein sein Landsmann Spallanzani γ) bemerkte dagegen, dieses Abspringen lasse sich bloß durch eine Veränderung der Richtung erklären, welche durch den Widerstand des Wassers bewirkt werde. Dieser Bemerkung fügt er noch viele Versuche bey, welche darthun, daß auch von weichem Thone, zähem Flußschwamme, frischen Eyerdottern und andern weichen Massen, welche man wirklich nicht als merklich elastisch annehmen kann, die Steine auf eine ähnliche Art abspringen.

Einen andern Beweis für die Elasticität des Wassers hat man aus der Fortpflanzung des Schalles durch dasselbe hergenommen. Der Abt Nollet δ) ließ sich wiederhohlt in die Seine hinab, und ließ, während er unter Wasser war,

 am

α) Ueber die Elasticität des Wassers. Leipz. 1779. 8.
β) Della Riflessione de' corpi dell Aqua, et della diminuzione della mole di Sassi ne Torrenti et ne Fiumi. In Parma 1753. 4.
γ) Physik. u. mathem. Abhandl. 5te Abh. Vom Abprallen der Steine vom Wasser.
δ) Memoir. de Paris, 1743.

am Ufer rufen, auf einer Pfeife blasen, mit einer Schelle klingen und eine Pistole losschießen. Er hörte den Schall fast eben so stark, wie in freyer Luft. Da aber Nollet in der Vermuthung stand, daß vielleicht die Luft nach damahliger Meinung, welche im Wasser als solche befindlich wäre, die Hauptursache an der Fortpflanzung des Schalles sey, so reinigte er eine Menge Wassers von Luft, setzte sodann in dieses Wasser einen so genannten Wecker, und er fand nicht die mindeste Verminderung in der Stärke des Schalles. Musschenbroek α) wiederhohlte diesen Versuch, und er gelang ihm nicht nur mit Wasser, sondern auch mit mehreren Flüssigkeiten. Allein dessen ungeachtet zieht er hieraus keine Folge für die Elasticität des Wassers, gegen welche er vielmehr gänzlich eingenommen zu seyn scheint.

Endlich scheint auch das Zusammenziehen einer Wassermasse durch die Kälte Elasticität anzuzeigen. Denn, wenn es an sich möglich ist, daß diese Masse einen geringern Raum einnehmen kann, so sieht man nicht, warum sie sich nicht durch zureichende äußere Kräfte in denselben engern Raum sollte zusammenbringen lassen. Da man aber diese Erscheinung für keinen ganz gültigen Beweis ansehen wollte, so war man genöthigt, zu den Versuchen selbst zu schreiten.

Der Kanzler Baco von Verulam führt zuerst einen solchen Versuch an β). Er ließ eine hohle, ziemlich dicke bleyerne Kugel, in welche etwa zwey Quartier gingen, genau voll Wasser füllen, schmelzte nachmahls die Öffnung zu, und hämmerte die Kugel flach. Da sich aber das Flachschlagen nicht weiter treiben ließ, brachte er sie unter eine Presse, und drückte sie noch stärker zusammen. Hieraus berechnete er, wie viel auf solche Art die Capacität der Kugel sey vermindert worden. Diesem Versuch nach ließe sich also das Wasser bis auf einen gewissen Grad zusammenpressen, drang aber zuletzt, wie ein feiner Thau, durch das Bley. Robert

α) Introduct. ad philos. natur. Tom. II. §. 2267.

β) Nov. organon, in opp. ex tradit. Arnoldi. Lipf. 1694. Fol. p. 390.

bert Boyle α) füllte ein rundes Gefäß, aus welchem er die Luft gezogen hatte, mit Wasser an, trieb mittelst einer Spritze so viel Wasser als möglich hinein, ließ es genau zulöthen, und schlug es an einigen Stellen durch einen hölzernen Hammer flach; wenn er sodann eine Nadel durchs Zinn trieb, und wieder auszog, so sprang das Wasser aus der kleinen Oeffnung 2 bis 3 Fuß hoch in die Luft. Musschenbroek β) ist gänzlich der Meinung, daß dieses Hervorspringen lediglich der Elasticität des Zinns zuzuschreiben sey. Einen gleichen Versuch, wie Boyle, mit einer bleyernen Kugel soll auch Honoratus Fabry mit gleichem Erfolge angestellt, und die Elasticität des Wassers gegen Magiotto vertheidigt haben.

Wilhelm von Stair gab im Jahr 1681. eine Physik in englischer Sprache heraus, die im Jahr 1686. in einer lateinischen Uebersetzung unter folgendem Titel: physiologia noua experimentalis, in qua generales notiones Aristotelis, Epicuri et Cartesii suppleatur etc. Lugd. Batav. 1686. 4. erschien. In dieser Schrift behauptet von Stair, daß das Wasser allerdings Elasticität besitze, welche von dem darin enthaltenen Aether herrühre, ob es gleich weniger elastisch, als die Luft sey, weil diese mehr Aether besitze. Zugleich führt er auch einen Versuch von du Hamel an, welcher in dessen Schriften nirgends zu finden ist, und nach welchem eine mit Wasser gefüllte güldene Kugel nicht habe zusammengedrückt werden können. Auch Boerhaave γ) erwähnt diesen Versuch, gerade wie von Stair, den er gleich darauf citirt, ohne jedoch anzuzeigen, an welcher Stelle sich derselbe in den du Hamelschen Schriften befinde. Allem Vermuthen nach hat Boerhaave diese Nachricht aus Stair abgeschrieben. Du Hamel ist freylich anfänglich in seiner allgemeinen Naturlehre δ) der Meinung gewesen,

α) Nov. exper. de vi aëris elastica exp. XX. in opp. var. 1680. 4. p. 55.
β) Tentam. experim. natural. capt. in Academ. del Cimento. Lugd. Batav. 1731. 4. p. 65.
γ) Element. chemiae. Tom. I. p. 563.
δ) Physica generalis tract. I. cap. IV. p. 91.

sen, daß sich das Wasser comprimiren lasse. Auch führt er den Versuch des Fabry als einen Beweis dafür an. Nachmahls aber bringt er α) folgenden Versuch gegen die Compressibilität des Wassers bey: imple tubum ferreum aqua, et embolum et cochleam impone, hanc intra tubum adiges nunquam.

Dagegen führt Newton β) bey der Gelegenheit, da er zeigen will, daß das Gold, als der dichteste unter allen Körpern, dennoch eine Menge leerer Zwischenräume besitzen müsse, den Versuch mit der goldenen Kugel an, mit der Bemerkung, daß ihm ein Augenzeuge die Nachricht davon mitgetheilt habe. Nachdem nähmlich die Kugel mit Wasser gehörig angefüllt, und die Oeffnung verlöthet, hiernächst die Kugel mit großer Gewalt zusammengedrückt worden, so sey allenthalben das Wasser in sehr kleinen Tröpschen wie Thau durch die Substanz des Goldes gedrungen, ohne irgendwo einen Riß zu verursachen. Aus diesem Versuche schließt Newton zugleich, daß das Gold weit mehrere Zwischenräume besitzen müsse, als solide materielle Theile, zwischen welchen jene sich befinden. Auch führt Newton sogar einen Grund an, warum das Wasser sich nicht zusammendrücken lasse, weil sich nähmlich die Theilchen nicht mehr berührten. Würden sich die Lufttheilchen berühren, so würde, sagt er, die Luft in Marmor übergehen: da sich aber diese comprimiren lasse, so wären auch ihre Theilchen in keiner Berührung mit einander.

Ferner soll ebenfalls nach dem Zeugnisse Stair's und Boerhaave's ein gewisser Colbert, der eine allgemeine Physik geschrieben hat, einen Versuch mit einer bleyernen Kugel angeführt haben, welcher dem Boylischen ähnlich sey, und mit gleichem Erfolge die Compressibilität des Wassers bewiesen haben.

Den größten Ruf haben die Versuche der florentinischen Akademie del Cimento γ) erlangt. Es sind deren drey. Beym erstern

α) De consensu veter. et nov. philos. lib. 3. Cap. IV. p. 433.
β) Optice Lauf. et Genev. 1740. 4. lib. II. P. III. p. 206.
γ) Saggi di naturali Esperienze, fatte nell'Acad. del Cimento in Firenz. 1661. Fol.

erstern wurden zwey Glasröhren mit Kugeln zum Theil mit Wasser gefüllt, oben mit einander verbunden, und die eine Kugel in Eis gestellt, in der andern aber das Wasser zum Sieden gebracht. Diese Wasserdämpfe drückten nun heftig gegen das andere Wasser, welches sich in der eiskalten Kugel und Röhre befand, konnten es aber dennoch nicht tiefer und zusammendrücken, sondern der Druck zersprengte vielmehr den Boden der kalten Kugel, und da man statt der Glaskugeln kupferne nahm, preßten die Wasserdämpfe das Wasser durch die Löthung der kalten Kugel, und zersprengten endlich die daran befindliche Glasröhre. Beym andern Versuche ward das in eine Glasröhre genau eingeschlossene Wasser durch hinzugegossenes Quecksilber, dessen Druck bis auf 80 Pfund, gegen 6 Pfund Wasser, betrug, gedrückt, ohne daß sich dabey die geringste Veränderung seines Volumens zeigte. Beym dritten Versuche endlich, welcher der bekannteste ist, ward eine grosse dünne, aus Silber gegossene Kugel genau mit eiskaltem Wasser angefüllt, die Oeffnung sorgfältig verschlossen, und die Kugel gehämmert, um das Wasser in einen engern Raum zu zwingen. Allein das Wasser drang bey jedem Schlage durch das Metall, wie Quecksilber, welches durch Leder gedrückt wird. Durch diese Versuche glaubte man hinreichend bewiesen zu haben, daß die Compressibilität des Wassers unmöglich sey.

Diesen Versuchen hat **Musschenbroek** *) noch mehrere dem Baconischen ähnliche beygefügt. Zwey Kugeln, eine zinnerne und eine bleyerne, deren Durchmesser 3 Zoll und die Metalldicke 3 Decimallinien war, hatten an einer Seite eine metallene Röhre mit einer geringen Oeffnung. Diese Kugeln füllte er sehr genau mit Wasser an, welches er unter der Luftpumpe gereinigt hatte, und dabey beträchtlich kalt war. In diese Röhre ward sodann ein bleyerner oder zinnerner Zapfen hineingetrieben, wodurch alsdann Alles so genau als möglich von Luft befreyet, und mit Wasser gefüllt blieb. Nachdem dieß mit großer Vorsicht geschehen,

*) Tentam. experim. etc. Lugd. Batav. 1731. 4.

wurde die Oeffnung zugeschmolzen, und vermittelst einer Schraube und eines Hebels zusammen gepreßt. Die Kugel, welche leer nur einen sehr geringen Widerstand geäußert, widerstand angefüllt erstaunlich. So bald aber durch Hülfe des langen Hebels auch nur die mindeste Zusammenpressung Statt fand, drang das Wasser gleich einem Thaue durch die Oeffnungen des Metalls, und zwar um desto stärker, um desto mehr die Kugel zusammen gepreßt wurde. Daraus schloß also **Musschenbrock**, daß das Wasser durch keine menschliche Kraft comprimirt werden könne.

Franziscus Tertius de Lanis [a]) hat über die Zusammendrückung des Wassers ungemein viel geredet, wobey er aber jederzeit annimmt, daß sich die Zusammendrückung verschiedener Flüssigkeiten verkehrt, wie ihre specifischen Gewichte, verhalten. Hieraus berechnet er die Höhen der flüssigen Materien für einen jeden gegebenen Druck. Er meint, das Zusammendrücken, besonders der flüssigen Materien, rühre nicht daher, daß ihre Theile durch den Druck einander mehr genähert würden, sondern es geschehe durch ein Herauspressen irgend einer überaus feinen Materie (nach ihm des Aethers, welchen er für ganz incompressibel hält). Um die Compressibilität des Wassers zu beweisen, gibt er folgenden Versuch an. Man setze in einen gläsernen mit Wasser gefüllten Cylinder oder in eine Röhre eine oder mehrere Glaskugeln, welche mit dem Wasser ein gleiches specifisches Gewicht besitzen, oder das specifische Gewicht des Wassers nur um ein Geringes übertreffen. Auf solche Art werden sie im Wasser schwimmen, oder doch nur mit einer sehr geringen Kraft gegen den Boden des Cylinders sinken. Verschließt man hierauf die Oeffnung des Cylinders mit einer Blase, und drückt sodann stark gegen die Blase, etwa mit dem Daumen, so wird durch diesen Druck das Wasser zusammengepreßt und specifisch schwerer. Da nun die vorhin um ein Geringeres schwerere Kugeln in dem Wasser zu Boden sanken, so müssen sie nunmehr in dem durch den Druck speci-

sisch

[a]) Magister. naturae et artis. Brixiae 1680. Fol. To. II. p. 176.

fisch schwerern Wasser in die Höhe steigen. Allein dieser Versuch hat dem de Lanis nicht glücken wollen.

De Lanis Versuch ist an sich sinnreich; allein es liegt in der That schon die Voraussetzung zum Grunde, daß das Wasser compressibel sey. Denn alsdann konnte er erst behaupten, daß der angeführte Erfolg Statt haben würde. Wollte man ihn aber als Beweis der Compressibilität des Wassers annehmen, so ist er ganz verwerflich und sehr fehlerhaft. Dem de Lanis konnte es nicht unbekannt seyn, daß, wenn das Wasser durch Menschenkräfte zusammengedrückt werden sollte, eine weit größere Kraft, als bloß der Druck des Daumens, nöthig sey; denn dieser ist offenbar gegen den Widerstand des Wassers ein unendlich Kleines. Eben wegen dieses großen Widerstandes ist es ganz unmöglich, die Blase einzudrücken, wenn zwischen der Blase und dem Wasser keine Luft sitzen geblieben, und die Blase so stark befestigt worden, daß sie nicht nachgeben kann. Gesetzt aber auch, es wäre möglich, die Blase etwas einzudrücken, so kann ja der Glascylinder wegen seiner Elasticität gerade so viel nachgeben, als der geringe Druck des Daumens verursacht, ja zuletzt würde man Gefahr laufen, den Cylinder selbst zu zersprengen, wenn der Druck auf die Blase etwas stärker würde.

De Lanis meint, wenn die Florentiner Akademisten bey ihren Versuchen in den Röhren dergleichen Kugeln gebraucht hätten, so würden sie ohne Zweifel die Compressibilität des Wassers mit glücklicherm Erfolge wahrgenommen haben. Allein wie leicht hätten dergleichen dünne Kugeln durch den erstaunenden Druck des Quecksilbers zersprengt werden können, und alsdann hätten die Versuche eben so wenig, wie vorher, gelehrt.

Die Versuche, das Wasser in verschlossenen Gefäßen durch den Druck des Quecksilbers zu comprimiren, sind unter andern von Hamberger [α]) und Nollet [β]) wiederhohlt worden.

α) Elementa physic. Ienae 1727. 8.
β) Leçons de physique experim. à Paris 1743. To. I. p. 122.

worden. Letzterer nahm eine Röhre (fig. 27.) a b d c von dickem Glase, welche inwendig 3 Linien im Durchmesser hatte, und 7 Fuß lang war. Zuerst schüttete er etwas Quecksilber hinein, welches die Krümmung bey b ausfüllte. Hierauf goß er bey c Wasser auf das Quecksilber, und nachdem dieser Theil genau mit Wasser angefüllt war, wurde die Oeffnung c zugeschmolzen. Sodann goß er von a aus nach und nach mehr Quecksilber hinzu, bis zur Höhe von 7 Fuß. Die kleine Columne Wasser d c widerstand dem Drucke der Quecksilbersäule so sehr, daß man keine merkliche Verminderung der Höhe der Wassersäule wahrnehmen konnte.

Hollmann *) erhielt um das Jahr 1752. von dem großbritannischen Leibarzte Peter Schaw eine Maschine, die man in London gebraucht hatte, die Compressibilität des Wassers zu untersuchen. Es war eine kupferne Kugel von 4 Zoll Durchmesser, in deren Oeffnung man eine Schraube vermittelst eines eisernen Hebels mit Gewalt eintreiben konnte. Nachdem sie nun genau mit Wasser angefüllt, und die Schraube eingetrieben war, sprang das Wasser an verschiedenen Stellen durch Oeffnungen oder Ritzen des Metalls, wie aus einem Springbrunnen, hervor. Hollmann wiederhohlte nachher diesen Versuch mit Kugeln von Zinn und Bley, auch mit einer silbernen von $\frac{1}{20}$ Zoll Dicke. Es war aber der Erfolg der nähmliche, nur bey der silbernen Kugel drang das Wasser nicht durch Risse des Metalls, sondern öffnete sich einen Weg durch die Schrauben.

Aus diesen Versuchen glaubten die meisten Physiker mit Recht zu schließen, daß das Wasser gar keiner Zusammendrückung fähig sey. Allein es läßt sich leicht übersehen, daß bey den Zusammenpressungen der Kugeln das Wasser nicht durch die angeblichen Poren, sondern vielmehr durch Risse des Metalls drang, welches viel zu schwach war, um der Gewalt des Drucks zu widerstehen, und daß bey Hamberger's und Nollet's Versuchen mit Glasröhren die Länge der Säule (fig. 27.) d c viel zu klein war, als daß man sehr geringe Verän-

*) Sylloge commentat. in reg. soc. recensit. Goetting. 1762. p. 35.

Veränderungen ihres Volumens hätte wahrnehmen können. Daher beweisen alle diese Versuche das noch nicht, was dadurch bewiesen werden sollte.

Dagegen fand um das Jahr 1762. Canton [a]), daß flüssige Materien in gläsernen Röhren, welche sich unten in gläserne Kugeln endigen, bey einerley Wärmegrade höher stehen, wenn der obere Theil der Röhre luftleer gemacht und dann zugeschmolzen worden; aber niedriger, wenn die atmosphärische Luft noch darauf drücken kann. Durch sehr sorgfältige und oft wiederhohlte Versuche fand sich, daß ein Druck doppelt so groß, als das Gewicht der Atmosphäre das Wasser um $\frac{1}{10870}$ seines Volumens zusammendrücke. Auch fand Canton, daß das Wasser im Winter einer stärkern Zusammendrückung fähig war, als im Sommer, welches sich dagegen beym Baumöhl und Weingeist gerade verkehrt verhielt. Bey dem Barometerstande von 29½ Zoll Höhe und bey einer Thermometerhöhe von 50° Fahrenh. zeigten sich folgende Zusammendrückungen durch das Gewicht der Atmosphäre:

Weingeist um	0,000066
Oliven- oder Baumöhl um	0,000048
Regenwasser —	0,000046
Seewasser —	0,000040
Quecksilber —	0,000003

Die Zusammendrückungen dieser Flüssigkeiten stehen nicht, wie man vermuthen könnte, im verkehrten Verhältnisse ihrer Dichtigkeiten. Auch sind sie nicht bloß compressibel, sondern ausdehnbar; denn so wie Canton das Gewicht der Atmosphäre wegnahm oder zuließ, dehnten sie sich aus, oder traten wieder zusammen.

Endlich ist aber auch die Zusammendrückung des Wassers durch unmittelbare Versuche mit Druckmaschinen vollkommen bestätigt worden. Hierzu gab um das Jahr 1776. Herr

a) Experiments to prove, that water is not incompressible in Philos. Trans. Vol. LII. P. II. p. 640. Vol. LIV. p. 261. und im neuen Hamburg. Magazin. B. XII. S. 360. 365.

Herr Abich, Braunschweigischer Obersalzinspektor, eine eigene sehr einfache Maschine an, welche aus einem hohlen messingenen Cylinder mit einem genau darin bestehenden Stempel besteht. Es muß aber die Dicke des Messings um vieles beträchtlicher seyn, als bey den Kugeln der ältern unvollkommenen Versuche. Sie beträgt 1 Zoll 2½ Linien nach Braunschweig Duodecimalmaße, und eben so groß ist auch der Durchmesser der innern Höhlung. Diese Höhlung ist aber im obern Theile, worin der Stempel hin und wieder spielt, enger, und besitzt nur 9⅙ Linien im Durchmesser. Der Stempel selbst, auf den hierbey Alles ankommt, ist von Eisen, und es liegen um ihn 11 in Talg gekochte stark geschlagene Leder herum, welche mit zwey eisernen Schrauben zusammen geschraubt sind. Dadurch schließt der Stempel so genau an, daß man bey leerer Maschine gegen 80 Pfund Gewicht anwenden muß, ihn niederzudrücken. Bey jedem Anfüllen des Stiefels mit einer flüssigen Materie muß die Maschine umgekehrt, und das Flüssige von unten eingefüllt werden, worauf der Boden durch einen konischen mit in Talg gekochtem Leder umlegten Zapfen verschlossen wird, auf welchen eine eiserne Platte passet, welche man mit einer starken Schraube fest anschraubt. Der Stempel läßt sich durch eine Schraube mit einer Kurbel hineinpressen; um aber die drückende Kraft genau bestimmen zu können, hat sich Herr **Zimmermann** bey den Versuchen selbst eines Zapfens bedient, auf welchen ein eiserner Hebel, der am Ende mit Gewichten beschwert war, drücken konnte. Ueberhaupt besitzt diese Maschine ganz die Einrichtung einer Compressionsmaschine. M. s. Compressionsmaschine.

Die Versuche, welche die Herren Abich und **Zimmermann** mittelst dieser Maschine in den Jahren 1777 bis 1779 gemacht haben, lassen gar keinen Zweifel zurück, daß sich die flüssigen Materien durch hinreichende Kraft merklich zusammendrücken lassen, und sich nach der Wegnahme des Drucks wieder in den vorigen Raum ausbreiten. Herr **Zimmermann** findet die Zusammendrückung von 26¾ Cubikzoll:

durch

	durch den Druck von 745,181 Pfund	durch den Druck von 2509,591 Pfund
Brunnenwasser	— $\frac{1}{142{,}66}$ —	— $\frac{1}{35{,}667}$ —
gesättigtes Salzw.	— $\frac{1}{103{,}45}$ —	— $\frac{1}{33{,}909}$ —
Milch	— $\frac{1}{215{,}21}$ —	— $\frac{1}{38{,}695}$ —
Branntwein	— $\frac{1}{224{,}76}$ —	— $\frac{1}{45{,}664}$ —

Diesen Angaben zu Folge scheint der Branntwein weniger zusammendrückend zu seyn, als das Wasser, da hingegen Canton die Zusammendrückung des Weingeistes stärker, als die des Wassers angibt. Der geringe Druck der Atmosphäre auf den Stempel betrug nicht mehr als 8 Pfund, und war folglich 93 Mahl geringer als der Druck von 745 Pfunden; wenn man annehmen dürfte, daß sich die Zusammendrückung, wie das aufliegende Gewicht verhalten. Es würde aus diesen Versuchen folgen, daß der Druck der Atmosphäre das Brunnenwasser um $\frac{1}{93 \cdot 142{,}66} = 0{,}000075$ des Volumens comprimirte. Dieß weicht aber sehr von Canton's Versuchen ab. Ueberhaupt lehren die Versuche, daß die Verhältnisse der Zusammendrückungen und der Gewichte beträchtlich verschieden sind.

Noch andere Versuche über die Zusammendrückung des Wassers und Quecksilbers hat der P. von Herbert *) angestellt. Herr von Servieres glaubte im Jahre 1777 gefunden zu haben, daß ein Quecksilberthermometer horizontalliegend höher stehe, als in vertikaler Stellung, in welcher letztere die Säule durch ihr eigenes Gewicht zusammengedrückt und verkürzt werde.

Hieraus läßt sich nun sehr leicht schließen, daß eine jede Wassersäule unten eine etwas größere Dichtigkeit besitzen müsse, weil die untern Theile das Gewicht der über ihnen liegenden zu tragen haben. Aber eben dadurch müßte die ganze Wassersäule etwas kürzer werden, als sie sonst seyn würde, wenn das Wasser nicht compressibel, und durchaus eben

*) Diss. de aquae aliorumque nonnullorum fluidorum elasticitate. Vienn. 1774. 8.

eben so dicht, als oben, wäre. **Canton** berechnet aus seinen Versuchen, das Meerwasser müsse in einer Tiefe von 2 englischen Meilen um 0,013 seines Volumens mehr, als oben, zusammengedrückt seyn, welches die ganze Höhe des Meeres an dieser Stelle um 69 Fuß 2 Zolle erniedrigen müßte. Herr **Zimmermann** bemerkt, daß, wenn es möglich wäre, den Druck des Wassers in einer großen Tiefe auf eine Grundfläche von bestimmter Größe durch wirkliche Beobachtung zu finden (wozu er Mittel vorschlägt), sich daraus die Höhe berechnen lassen würde, welche das Wasser bey durchaus gleicher Dichtigkeit haben müßte. Wenn man hiermit die durchs Senkbley beobachtete Höhe vergleichen würde, so ließe sich finden, ob sich das Seewasser wirklich zusammendrücken ließe.

Eine sehr große Menge von Körpern werden vom Wasser aufgelöset. Man glaubt insgemein, daß das Wasser eine große Quantität von atmosphärischer Luft mechanisch zertheilt in sich enthalte; allein die Beweise für diese Meinung sind bey weiten nicht entscheidend; vielmehr scheinen andere Gründe (M. s. **Eis, Luft**,) darzuthun, daß die Luft im Wasser chemisch gebunden sey, und folglich ihrer Elasticität völlig beraubt sey; sie macht mit dem Wasser bloß einen Körper aus, und kann aus dieser Verbindung nur durch Einwirkung einer andern chemischen Substanz, z. B. der Wärme, Säure u. s., keines Weges aber durch verminderten mechanischen Zusammenhang einzelner Stellen der Flüssigkeit gebracht werden.

So gibt es auch einige andere Luftarten, die sich so leicht im Wasser auflösen, daß sie mit Quecksilber gesperrt werden müssen, und welche daher den besondern Nahmen der mit Wasser mischbaren Gasarten führen. Auch die so genannte Luftsäure oder fixe Luft, ob sie gleich nicht zu dieser Classe gerechnet wird, löset sich im Wasser auf, und vermischt sich in beträchtlicher Menge mit selbigem. M. s. **Gesundbrunnen.**

Ein

Ein vorzügliches Auflösungsmittel ist das Wasser für die Salze. Da nun diese in der ganzen Natur allenthalben sich befinden, so werden die meisten Körper vom Wasser angegriffen, wenn sie mit salzartigen, oder den Salzen ähnlichen Theilen verbunden sind. Auf solche Art vereinigen sich selbst die Erden mit dem Wasser, obgleich sonst die Unauflöslichkeit derselben im Wasser zu ihrem wesentlichen Charakter gehört. So lassen sich Kalkerde, Bittersalzerde u. s. w. durch Säuren, als Mittelsalze, im Wasser auflösen; selbst die metallischen Substanzen, Gold, Silber und Platina ausgenommen, werden vom Wasser angegriffen, besonders wenn die Wirkung desselben auf ihre Fläche in Verbindung mit der Luft erfolgen kann.

Für die schleimigen, gummi- und gallertartigen Substanzen ist das Wasser ein eigentliches Auflösungsmittel, und der Weingeist und andere brennbare Geister lösen sich in jedem Verhältnisse im Wasser auf; die Aetherarten aber nur in einer gewissen Menge. Dagegen verbinden sich die Oehle, Harze, Fette und andere brennbare Stoffe schwerer mit dem Wasser; wenn sie aber mit salzigen Theilen gemischt sind, so lösen sie sich auch sehr leicht im Wasser auf, wie z. B. die Oehle in Seifen, der Schwefel in der Schwefelleber u. s. f.

Hieraus ist es also begreiflich, daß das Wasser bey chemischen Operationen eine Hauptrolle spielt, und daß selbst in der Natur dasselbe fast nie ganz rein ohne Beymischung mit andern Substanzen gefunden werde. Selbst das Regen-, Schnee-, Hagel- und Thauwasser, wenigstens dasjenige, das nach einer lange anhaltenden Trockenheit aus der Atmosphäre herabfällt, enthält immer noch salzige Theile und andere Stoffe aufgelöset. Auch die Quell- und Brunnenwasser führen meisten Theils Erden bey sich, welche durch die Verbindung der Luftsäure damit vereinigt sind. Die reinsten Quell- und Flußwasser sind gemeiniglich diejenigen, welche über Sand und Kiesel fließen, weil diese vom Wasser am wenigsten angegriffen werden, und die von selbigem aufgelöseten Salze an sie hängen bleiben.

Wenn man daher ganz reines Wasser zu chemischen oder physikalischen Versuchen nöthig hat, so muß man zur Destillation desselben seine Zuflucht nehmen. Man erhält es, wenn man Regen- oder Schneewasser aus einer gläsernen Retorte beym gelinden Feuer abdestillirt. Hierbey gehen die ganz flüchtigen Theile zuerst mit über, und die feuerbeständigen bleiben zurück. Wenn man daher das erste übergegangene Wasser wegschüttet, so erhält man ganz reines Wasser, wenn man mit der Destillation bis zum Ueberreste von einem Drittel oder Viertel aufhört. Ein solches abdestillirtes Wasser muß alsdann in solchen gläsernen Flaschen, die mit Papier überlegt, nicht aber mit Kork verstopft sind, aufbewahrt werden.

Da sich also das Wasser mit einer sehr großen Menge von Körpern verbindet, so gründen sich hierauf verschiedene Erscheinungen in der Natur, und mancherley von den Physikern erfundene Werkzeuge. So hängt sich das Wasser häufig an diejenigen Körper an, mit welchen es verwandt ist, benetzt dadurch ihre Oberfläche, und dringt in ihr Inneres als Feuchtigkeit ein. An der atmosphärischen Luft verdampft es, und fällt alsdann als Regen wieder herab. Ja selbst als sichtbarer Dunst in der Atmosphäre legt es sich an den der Atmosphäre ausgesetzten Körpern an, worauf sich die Erscheinungen der Hygrometer gründen. M. s. Hygrometer.

Auch wird das Wasser in einigen festen Körpern in einen festen Zustand gebracht, wie bey dem Anschießen der Salze, da es sodann **Krystallisationswasser**, besser **Krystallisationseis**, genannt wird. Auch bey der Zerlegung sehr vieler Körper, die in dem trockensten Zustande sich befinden, wie z. B. in ausgetrockneten Knochen der Thiere, im trockenen und harten Guajakholze, findet man einen beträchtlichen Antheil Wasser. Ueberhaupt besitzen die organischen Körper, alle Krystallisationen der Salze und der meisten Erden Wasser als einen wesentlichen Bestandtheil in sich. Sie verlieren dasselbe durchs Feuer, oft auch schon an freyer Luft, indem sie darin zu einem lockern und undurchsichtigen

Pulver

Pulver zerfallen oder verwittern, welches sodann das tropfbare Wasser mit vieler Kraft wieder einsaugt und bindet. Beyspiele hiervon geben das Brennen und nachherige Binden des Gypses, das Verwittern und nachherige Verhärten des Glaubersalzes u. s. w.

Aus allen diesen Verbindungen läßt sich das Wasser wieder abscheiden, und es erhält, wenn es gehörig gereinigt wird, ganz seine vorige Natur wieder. Es mag entweder für sich oder mit Hülfe eines Zwischenmittels destillirt werden, so wird es sich doch beständig gleich bleiben, und nie in seinen wesentlichen Eigenschaften einige Aenderung erleiden.

Die Peripatetiker hielten das Wasser für eine einfache Substanz, oder für ein Element von unwandelbarer Natur. Nachdem man aber das Wasser den chemischen Operationen mehr unterwarf, glaubte man, daß sich dasselbe in Erde verwandeln lasse. Man glaubte dieß aus einem doppelten Grunde behaupten zu dürfen, einmahl, indem man durch wiederhohlte Destillationen des Wassers jeder Zeit etwas Erde erhalte, und zweytens, indem Pflanzen ohne alle Erde im Wasser zu einem merklichen Wachsthume gebracht werden könnten. So fanden **Boyle** [α]) **Geoffroy, Wallerius, Eller** und besonders **Marggraf** [β] nach mehrmahligen Destillationen des Wassers jeder Zeit etwas Erde. Daraus folgerte **Boyle** eine Verwandlung des Wassers in Erde, welcher Meinung auch **Newton** beytrat. Auch die schwedischen Naturforscher, besonders **Celsius** und **Linné**, haben nachher eben dasselbe behauptet und daraus eine beständige Abnahme des Meerwassers und eine Zunahme der trockenen Erdfläche herleiten wollen. M. s. **Meer.** Allein schon **Boerhaave** und nachher **Pott** haben dagegen behauptet, daß aus diesen Versuchen keines Weges die Verwandlung des Wassers in Erde folge. **Lavoisier** [γ]) insbesondere hat durch eine Reihe von sehr genauen Versuchen gezeigt,

Kk 2 daß

α) De origine formarum, in opp. Genev. 1680. 4. p. 259 sqq.
β) Mémoir. de l'Acad. de Berlin.
γ) Mém. sur la nature de l'eau etc. in den mémoir. de Paris 1770. u. in Crell's chemisch. Journal, Th. III. S. 151.

daß der geringe Antheil von Erde, den man bey jeder Destillation des Wassers erhält, nicht vom Wasser, sondern vielmehr von den Gefäßen herrühre, als wovon er sich durch Abwägung der letztern vor und nach jeder Destillation überzeugt hielt. Diese Versuche hat **de Machy** wiederum bestritten, und behauptet, daß der im Wasser enthaltene Antheil von Säuren viel zu gering und überhaupt nicht vermögend sey, die Kieselerde der Glasgefäße aufzulösen, welche auch hierbey undurchsichtig werden müßten; auch betrage die aus dem Wasser erhaltene Erde am Gewichte weit mehr, als die Gefäße verlören (welche letztere man sogar nach manchen Operationen schwerer, als vorher, finde), und sie sey über dieß in Säuren sehr leicht auflöslich, könne also nicht die Kieselerde der Gefäße seyn. **Fontana** *) führt gegen die Versuche des **de Machy** an, daß dabey eine Gemeinschaft zwischen der äußern Luft und dem Innern der Gefäße Statt gefunden habe, mithin die Luft fremde Stoffe habe herbeyführen können. Er selbst fand die Erde in Säuren unauflöslich und von dunkler Farbe, so wohl im gemeinen, als Krystallglase; ja in der einen Phiole von Krystallglas hatte sich gar keine Erde erzeugt. Dieß berechtigte ihn anzunehmen, daß die gewonnene Erde wirklich vom Glase herrühre, ob er gleich gesteht, daß die gebliebene Durchsichtigkeit der Gläser ein wichtiger Einwurf dagegen sey.

Was den andern Beweis betrifft, aus welchem man die Verwandlung des Wassers in Erde gefolgert hat, so besteht dieser in dem gedeihlichen Wachsthume der Pflanzen in bloßem Wasser. Man war nähmlich vormahls der Meinung, daß die vorzüglichsten und reichhaltigsten Bestandtheile der Pflanzen Wasser und Erde wären. Da nun die Gewächse im Wasser zu einem merklichen Wachsthum gebracht werden konnten, so machte man daraus den Schluß, daß ein Theil vom aufgenommenen Wasser sich in Erde müsse verwandelt haben.

*) *Rozier* journ. de phys. Mars 1779. übers. in d. Leipz. Sammlung zur Physik u. Naturg. B. II. St. 1. S. 39.

haben. Versuche dieser Art haben van Helmont [α]), Boyle, Eller [β]), du Hamel [γ]) und Bonnet [δ]) angestellt. Allein die neuern Erfahrungen über das Wachsthum der Pflanzen haben gezeigt, daß sie nie im Wasser zur Vollkommenheit kommen, und daß die Erde, welche sie enthalten, den geringsten Bestandtheil derselben ausmache, sondern daß vielmehr ganz andere Stoffe in die Mischung der Pflanzen zu ihrem vollkommenen Gedeihen eingehen müssen.

Auch haben schon die Alten geglaubt, daß sich das Wasser in Luft verwandeln lasse. Sie suchten dieß durch die Erscheinungen der Aeolipile zu erweisen. Dagegen zeigte aber Wolff ganz richtig, daß der Dampf der Aeolipile keines Weges Luft, sondern noch immer Wasser sey. M. s. Windkugel. In den neuern Zeiten ist es endlich außer allem Zweifel gesetzt worden, daß sich das Wasser in Verbindung mit der Wärme unter gewissen Umständen in Luft verwandeln lasse. Wenn nähmlich Wasserdämpfe durch glühende Röhren geleitet werden, so nehmen sie die Luftgestalt an. Es hängt jedoch die Natur dieser Luftart von der Materie des Rohrs ab. Durch glühende irdene Röhren entsteht Stickgas, durch eiserne Röhren brennbares Gas (Wasserstoffgas). Im Jahr 1785. verwandelte Priestley reines Wasser in wirkliche Luft, indem er selbiges mit lebendigem Kalke in irdenen Retorten in Verbindung brachte, und einer starken Hitze aussetzte. Die erhaltene Luft war zum Theil Stickstoffluft, und insgesammt von denjenigen Eigenschaften, daß kaum ein Licht in ihr brannte. Wendete er bloß gläserne Retorten an, so erhielt er Dämpfe, aber keine Luft, aus eisernen Röhren hingegen brennbare Luft. Lavoisier und Meusnier [ε]) entwickelten vermittelst eines eigenen Apparats

α) Complexion. atque mixtio. elem. figm. in opp. Havn. 1707. p. 104.
β) Mémoir. de Berlin 1746. p. 45.
γ) Physique des arbres. Tom. II. p. 198 sqq.
δ) Mémoir. présentés, Tom. I. p. 420 sqq. und Betrachtungen über die Natur. Leipz. 1772. 8. S. 124 f.
ε) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris 1781.

rats aus Wasser, das auf glühende Kohlen getröpfelt wurde, eine sehr große Menge brennbarer Luft, wobey sich der Eisendraht in einen feinen Eisenkalk verwandelte. Die auf solche Art durchs Wasser erzeugte Luft, wobey sich der Eisendraht in einen feinen Eisenkalk verwandelte, ist auf mancherley Art erklärt worden, und überhaupt hat man daraus Folgen hergeleitet, welche überaus wichtig geworden sind. Priestley und viele andere Physiker hielten das Wasser für einen einfachen Stoff, und glaubten, daß das Wasser in einer innigen Verbindung mit der Wärme die Luftgestalt annehme, jedoch werde hierzu noch die Dazwischenkunft irgend eines dritten Stoffs erfordert, welcher in den Versuchen entweder aus der Materie des Rohrs kommen, oder aus der Luft durch das Rohr dringen, oder der durchs Glühen entwickelte Lichtstoff seyn müsse. Dagegen wird nach dem antiphlogistischen Systeme diese Erzeugung der Luft ganz anders erklärt. Hiernach sieht man nähmlich das Wasser als einen zusammengesetzten Körper an, welcher, um Luftarten zu bilden, erst in seine Bestandtheile zerlegt werden müsse, so daß die entstandene Luft nicht das Wasser selbst, sondern nur den einen oder den andern Bestandtheil desselben in einer chemischen Vereinigung mit dem Wärmestoffe enthält.

Um diesen wichtigen Gegenstand mehr aufzuhellen, gab sich der Herr von Hauch in Koppenhagen die Mühe, mehrere Versuche dieser Art anzustellen *). Ließ er die Wasserdämpfe durch gläserne, goldene, gegossene kupferne, silberne und porcellanene glühende Röhren gehen, so veränderten sie sich nicht, sondern sie verdichteten sich nach dem Erkalten wieder zu wirklichem Wasser. Dagegen gaben sie durch glühende eiserne Röhren getrieben brennbares Gas, und durch glühende irdene Stickstoffgas. Wenn er porcellanene Röhren mit zerbrochenem Eisen oder Zink anfüllte, so gaben

*) Versuche über die Bestandtheile und die Zergliederung des Wassers. Aus dem Dän. in Gren's Journal der Physik, B. VIII. S. 27 u. f.

gaben durchgeleitete Wasserdämpfe in der Weißglühehitze brennbares Gas; nahm er statt des Zinks Bley, Zinn, Spießglaskönig, so erhielt er Stickgas; nahm er Braunstein, so erzeugte sich zuerst Lebensluft, sodann aber häufiges Stickgas. Durch eine glühende silberne Röhre mit trockenen Kohlen angefüllt gaben die Wasserdämpfe fixe Luft und einiges brennbares Gas.

Brachte er ein Rohr von gebranntem Pfeifenthone in eine gegossene kupferne Röhre, und erhitzte Alles bis zum Weißglühen, so blieben die ausgehenden Wasserdämpfe ungeändert. Dieß nähmliche geschah, wenn das thönerne Rohr in ein eisernes gesteckt war, bis jenes zerbrach, da sich alsdann brennbares Gas entwickelte. Ward das thönerne Rohr in ein silbernes eingeschlossen, so erschien etwas Stickgas, aber die silberne Röhre war angeschmolzen und durchlöchert.

Aus diesen Versuchen folgert Herr **von Hauch**, daß das Wasser durch die Hitze allein nicht in eine permanent elastische Flüssigkeit verwandelt werden könne. Da nun so viele Körper in Verbindung mit dem Wasser durch die Einwirkung von Hitze Stickgas geben, so müsse das Wasser zur Bildung desselben wenigstens eben so viel Antheil haben, als zur Bildung jeder andern Gasart; denn man könne nicht annehmen, daß dieses Gas aus den Körpern komme, da dieselben durch Behandlung mit Feuer allein und ohne Wasser gar kein Gas geben.

Daß Wasserdämpfe durch Röhren von gebranntem Thon geleitet Stickgas liefern, haben die meisten Physiker daher leiten wollen, daß das Stickgas von außen eindringe. Allein neuerlich hat man doch finden wollen, daß der Thon an derjenigen Stelle, wo er glühend erhalten wird, eine gewisse Veränderung erlitten habe, und Herr **Göttling** ist der Meinung, daß dieß Stickgas vorzüglich aus der Verbindung des Lichtstoffs erzeugt werde. M. s. **Gas, dephlogistisirtes.**

Schon Boerhaave [α]) nahm eine Erscheinung wahr, welche auf die Zusammensetzung des Wassers hinwies, und deren Ursache er zu ergründen wünschte. Wilkins [β]) hat hierauf zuerst aufmerksam gemacht. Er verbrannte nähmlich in einem verschlossenen Gefäße eine Quantität Alkohol, und das vorzüglich daher entstandene Produkt war Wasser. Daher sagt er: apparet hinc, materiem hanc maxime inflammabilem, dum ab igne in flammam vertitur, dum ergo ignem vere alit, videri mutari in aliam materiem, quae post hanc mutationem ipsum ignem nutriri nequit amplius, sed in aquam quantam abit, quantum nobis iudicare licet. An haec aqua in alkohole prius haeserit, nulla, nisi hac arte, separabilis? An vis ignis comburens alkohol in aquam puram vera commutatione conuerterit? alia deinde exempla docebunt, a prudentibus instituenda. Auch Geoffroy [γ]) kannte diesen Versuch.

Newton [δ]) verglich die lichtbrechende Kraft des Wassers mit der lichtbrechenden Kraft anderer durchsichtiger Körper, und schloß aus seinen Versuchen, der Diamant sey eine verbrennliche Substanz und das Wasser sey ein Körper, der zwischen den verbrennlichen und nicht verbrennlichen Körpern ungefähr das Mittel halte. Beyde Vermuthungen sind nunmehr aufs Vollkommenste bestätigt, und zur wirklichen Wahrheit geworden.

Macquer [ε]) bemerkte zuerst, daß bey dem Verbrennen des brennbaren Gas Wasser entstehe. Er sagt, ich habe mich dadurch, daß ich eine weiße porcellanene Schale an die Flamme des entzündlichen Gas, welches an der Mündung der Flasche ruhig brennt, gehalten habe, überzeugt, daß diese Flamme von keinem rußigen Rauche begleitet sey. Denn der

α) Element. chem. Tom. I. p. 320.
β) Gren's Journal der Physik. B. V. S. 19 u. f.
γ) Memoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris 1718.
δ) Optice latin red. a *Sam. Clarke*. Lond. 1706. 4. p. 234.
ε) Chymisches Wörterbuch durch Leonhardi, Th. II. Leipz. 1781. Art. Gas, entzündbares. S. 468.

der Ort der Schale, den die Flamme traf, blieb vollkommen weiß. Er fand sie bloß mit ziemlich merklichen Tröpfchen einer nach Art des Wassers weißen Feuchtigkeit, welche wirklich nichts anders als Wasser zu seyn schienen, benetzt. Macquer kannte aber die Wichtigkeit dieser Erscheinung nicht.

Warltire α) brannte brennbare Luft mit gemeiner in gläsernen Kugeln an, um das Gewicht der Wärme zu bestimmen, das hierbey verloren gehen würde. Er nahm dabey wahr, daß die Wände der Kugeln überall mit Wasser überzogen waren, glaubte aber in dieser Erscheinung nichts weiter zu bemerken, als daß die gemeine Luft das in ihr aufgelösete Wasser durch die Phlogistication absetze.

Diese von Warltire angestellten Versuche gaben indessen dem Herrn Cavendish im Jahr 1781. die Veranlassung, mehrere Versuche dieser Art anzustellen β). Er bewies zuerst, daß das Wasser aus der Verbindung der brennbaren und atmosphärischen Luft entstehe, und daß das hervorgebrachte Wasser eben so schwer sey, als die beyden Luftarten (die rückständige Stickluft abgerechnet). Er bewies ferner, daß aus der Vereinigung des Sauerstoffs mit dem Wasserstoffe das Wasser, und aus der Verbindung des Wasserstoffs mit dem Stickstoffe Salpetersäure entstehe; daß die Menge dieser Salpetersäure verschieden sey, und daß dieselbe vorzüglich von zwey Umständen abhange, 1) von dem Verhältnisse der brennbaren Luft, welche verbrannt wird. Ist die Menge dieser Luft geringe, so daß noch viel unverbrannte atmosphärische Luft zurückbleibt, so entsteht ziemlich viel Salpetersäure; ist dagegen die Menge des brennbaren Gas so groß, daß gar keine unverbrannte atmosphärische Luft übrig bleibt, so entsteht auch keine Salpetersäure; 2) von dem Verhältnisse des Stickgas, welches die atmosphärische Luft enthält. Aus diesen Versuchen schloß auch Watt, welcher vorzüglichen Antheil daran hatte, daß das Wasser aus brennbarer und reiner Luft zusammengesetzt sey, welche man ihrer latenten Wärme

 beraubt

α) Philos. Trans. Vol. LXXIV.

β) Priestley Versuche und Beobacht. über verschied. Gattung. der Luft. B. V.

beraubt habe; und daß die reine Luft selbst nichts weiter, als ein feines Phlogistons beraubtes und mit Elementarfeuer und Licht verbundenes Wasser sey. Diese seine Theorie unterstützte er durch die Bemerkung, daß diejenigen Stoffe, aus welchen man reine Luft erhalte, z. B. Salpeter, Alaun, Metallkalke, eine sehr große Verwandtschaft mit dem Phlogiston hätten, mithin selbiges bey der Erzeugung der Luft an sich behielten. Hieraus erklärte er auch, warum das Wasser nur in irdenen, nicht aber in gläsernen Röhren, in Luft sich verwandeln könne, weil nähmlich die Substanz der irdenen Röhren das Phlogiston aufnehme, und durch die Hitze durchlasse, welches aber bey gläsernen Röhren nicht Statt finde. Dr. Priestley fand aber bey dieser Theorie noch verschiedene Schwierigkeiten, wodurch die Bekanntmachung dieser Entdeckungen verzögert wurde. Endlich reisete im Juni 1783 Blagden, Cavendish's Freund, nach Paris, machte die dasigen Physiker mit den Versuchen bekannt, und veranlaßte dadurch die merkwürdigen Versuche der Herren Lavoisier, la Place, Meusnier und Monge *). Der erste, welcher diese Versuche wiederhohlte, war Monge in Mezieres. Er erhielt nach dem Verbrennen Wasser, das etwas säuerlich war. Nachher machten die Herren Lavoisier und Meusnier in Gegenwart der Commissarien der Akademie einen zweyten Versuch. Die reine Luft, welche man hierzu gebrauchte, wog 5 Unzen 5 Quentchen 12 Grän. Sie ließ in einer mit trockenem Laugensalze angefüllten Röhre, durch welche sie durchgehen mußte, ehe sie in den Kolben kam, worin das Verbrennen geschah, 35 Gran Wasser zurück, welches sie enthalten hatte. Die brennbare Luft wog 6 Quentchen 30 Grän; in dem trockenen Laugensalze ließ sie 44 Grän Feuchtigkeit zurück. Folglich wurden verbrannt

5 Unzen	4 Quentch.	94 Grän	Sauerstoffluft
mit 0 —	5 —	48 —	brennbarer Luft
6 Unzen	2 Quentch.	35 Grän.	

Nach

*) Mémoir. où l'on prouve, que l'eau n'est pas une substance simple; in den Mémoir. de l'Acad. 1781. welche erst 1784. herauskamen.

Nach dem Verbrennen blieb übrig 6 Quentchen 24 Grän gemischtes Gas. Mithin sind verbrannt worden 5 Unzen 4 Quentchen 11 Grän Gas. Das erhaltene Wasser wog 5 Unzen 4 Quentchen 41 Grän, folglich 30 Grän mehr, als die verbrannten Luftarten. Das erhaltene Wasser war säuerlich, und jede Unze desselben enthielt 5 Grän Salpetersäure.

Durch diese Versuche ward endlich das Gebäude des antiphlogistischen Systems vollendet. Man brachte in selbiges den Wasserstoff, und betrachtete das Wasser als eine Zusammensetzung desselben mit dem Sauerstoffe; den Stickstoff aber nahm man zur Grundlage der Salpetersäure an, und erklärte die aus den angeführten Versuchen erschienene Salpetersäure aus der Vereinigung des Sauerstoffs mit dem Stickstoffe, indem das Eudiometer zeigte, daß der zwölfte Theil der zum Versuche gebrauchten reinen Luft aus Stickgas bestanden hatte.

Zu diesen Versuchen wurden eigene Geräthschaften unter dem Nahmen **Gazometer** gebraucht, von welchen ein besonderer Artikel dieses Wörterbuchs handelt.

Ein dritter Versuch wurde von dem Mechanikus **Fortin** mit einer von ihm verfertigten und verbesserten Maschine in Gegenwart des Herrn **Lefevre** angestellt. Man verbrannte 254 Quentchen und 10 Gran Sauerstoffgas mit 66 Quentch. 4 Gran brennbarer Luft, und erhielt 279 Quentchen und 27 Gran Wasser. Das unverbrannte elastische Residuum wog 30 Qu. 23 Gran. Das Wasser war etwas säuerlich.

In allen diesen Versuchen war das erhaltene Wasser mehr oder weniger mit Salpetersäure gemischt, welche aus dem mit dem Sauerstoffe verbundenen Stickstoffe durch das Verbrennen entstanden war. Da aber besonders Dr. **Priestley** behauptete, daß diese Salpetersäure aus der Verbindung des Sauerstoffs mit dem Wasserstoffe entstanden sey, so wurde zur Widerlegung dieses Einwurfs ein neuer Versuch von den Herren **Fourcroy**, **Seguin**, **Vauquelin** und **Arejula** angestellt. Um das Sauerstoffgas rein zu erhalten, bereiteten sie dasselbe aus der übersauren kochsalzsauren Pottasche.

Hundert

Hundert Cubikzoll dieses Sauerstoffgas enthielten nur drey Cubikzoll Stickstoffgas. Die brennbare Luft erhielten sie durch eine Auflösung des Zinks in verdünnter Schwefelsäure. Das Verbrennen geschah mit der größten Vorsicht und sehr langsam. Man verbrannte 25582 Cubikzoll brennbare Luft und 12457 Cubikzoll Sauerstoffgas. Die verbrauchte brennbare Luft wog 1039,358 Gran, die reine Luft 6209,869 Grän. Beyde verbrannte Gasarten wogen also 12 Unzen 4 Qu. 49 Grän. Das nach geendigtem Versuche erhaltene Wasser wog 12 Unz. 4 Qu. 45 Grän; es war ganz rein und von aller Säure frey. Sein specifisches Gewicht war dem specifischen Gewichte des destillirten Wassers vollkommen gleich.

Auch Herr Girtanner machte zu Paris in Gegenwart des jüngern Herrn von Jacquin mit einer auf Kosten des Kaisers unter Aufsicht des Herrn von Jacquin verfertigten und für die Universität zu Wien bestimmten Maschine diese Versuche. Auch hier ward ganz reines Wasser ohne alle Beymischung von Säure erhalten.

Dr. Priestley, welcher durch mancherley Versuche anzunehmen sich berechtigt glaubte, daß das Wasser keines Weges aus diesen beyden Luftarten zusammengesetzt sey, sondern daß es vielmehr mit den Luftarten sich verbinden und ihre Gestalt annehmen könnte, meinte bey neuern Untersuchungen über diesen Gegenstand *) gefunden zu haben, daß die Säure beym Verbrennen beyder Gasarten nur alsdann zum Vorscheine komme, wenn ein Ueberschuß an reiner Luft zugegen sey; daß im Gegentheil das Produkt bloß Wasser sey, wenn ein Ueberschuß von brennbarem Gas Statt finde. Diese Erscheinungen erklären dagegen die Antiphlogistiker durch den Stickstoff, der sich beständig in der reinen Luft mit befinde; dieser erzeuge nähmlich mit dem Ueberschusse des Sauerstoffs Salpetersäure; sey aber brennbare Luft genug vorhanden, so bleibe der Stickstoff als Stickgas unverändert zurück. Priestley schien jedoch wahrgenommen zu haben, daß

*) Philos. Trans. Vol. LXXXI. p. 213. übers. in Gren's Journal der Physik. B. VI. S. 420.

daß die Menge der Säure, wenn dergleichen entstanden, immer größer war, als die phlogistische Luft hätte geben können. Hieraus folgert er nun, daß man die Grundlage der Säure nicht in der Stickluft, sondern in der reinen und brennbaren Luft suchen müsse, und wird auf solche Art in seiner vorgefaßten Meinung bestärkt, daß das Wasser wirklich schon in allen Luftarten enthalten sey.

Gegen den Einwurf, daß das Wasser nicht durch die Vereinigung des Sauerstoffs mit dem Wasserstoffe, sondern dasselbe in beyden Gasarten schon vorher enthalten sey, und bloß durchs Verbrennen abgesondert werde, antworten die Antiphlogistiker auf folgende Art: es betrage das aus der Verbrennung der beyden Gasarten erhaltene Wasser genau so viel am Gewichte, als das Gewicht beyder Gasarten vor dem Verbrennen betrug. Wenn daher das erhaltene Wasser schon in den Gasarten enthalten gewesen wäre, so müßten Gas und Wasser einerley seyn. Aber dieß streite gegen alle Erfahrung, denn zwey Körper, welche ganz verschiedene Eigenschaften besäßen, könnten unmöglich einerley seyn.

Außer dem gäbe es auch einen Versuch, welcher diesen Einwurf völlig widerlege. Man fülle nähmlich eine mit Quecksilber angefüllte und auf Quecksilber stehende Glocke mit brennbarem Gas, bringe einen metallischen Kalk unter dieselbe, und lasse nachher den Brennpunkt eines Brennglases auf diesen Kalk fallen, so wird der Kalk reducirt, sein Gewicht nimmt ab; der Wasserstoff vereiniget sich mit dem Sauerstoffe, der während der Reduction aus dem Kalke sich entwickelt; es entsteht eine beträchtliche Menge Wassers, und die Glocke füllt sich mit Quecksilber an zum Beweise, daß das brennbare Gas absorbirt worden ist. Das Gewicht des erhaltenen Wassers beträgt weit mehr, als das Gewicht des brennbaren Gas betrug; daher könne es nicht vorher in demselben enthalten gewesen seyn.

Herr de Lüc, welcher anfänglich die Wassererzeugung aus dem Verbrennen der beyden Gasarten den ersten Strahl der Morgenröthe in der Meteorologie nennt, und selbige zur Erklä-

Erklärung des Regens gebraucht, hat jedoch nachher verschiedene Einwürfe gegen die Beweise der Antiphlogistiker über die Entstehung des Wassers gemacht [α]). Er bemerkt, daß man unmöglich die Erzeugung des Wassers durch's Verbrennen der beyden Luftarten als einen Beweis gegen diese Behauptung anführen könne, daß schon vor der Verbrennung Wasser in den Luftarten enthalten, und bloß in jeder mit einer andern die besondere Natur des Gas bestimmenden Substanz verbunden sey, ohne auch zugleich stillschweigend anzunehmen, daß diese Entstehung nicht anders als durch Zusammensetzung möglich sey. Dieß ohne allen Beweis anzunehmen, sey eine wahre petitio principii. Es sollten die Antiphlogistiker entweder a priori beweisen, daß man durch Absonderung der Luftarten kein Wasser erhalten könne oder durch Versuche darthun, daß in denselben keines enthalten sey.

Was nun die Versuche über die Zerlegung des Wassers selbst betrifft, so haben sich vorzüglich die französischen Physiker und Chemiker zuerst damit beschäftigt, und Lavoisier insbesondere fand diesen Satz für sein System so äußerst wichtig, daß er ihn nicht allein aus der Synthesis zu folgern, sondern auch durch die Analyse zu bestätigen suchte. Die erstern Versuche waren aber noch sehr unvollkommen [β]). Er brachte in ein mit Quecksilber gefülltes und in Quecksilber umgestürztes gläsernes Gefäß etwas Wasser mit sehr reiner unverrosteter Stahlfeile. Nach den ersten 24 Stunden fing das Eisen zu rosten an, und es entwickelte sich zugleich etwas brennbare Luft. Das Gewicht des Eisens fand er nach gehöriger Trocknung um etwas vermehrt. Daraus schloß er, daß das Wasser in zwey Bestandtheile wäre zerlegt worden; der Sauerstoff habe nähmlich das Eisen verkalkt, und der Wasserstoff die Gestalt der brennbaren Luft angenommen.

Nicht

α) Erster Brief an de la Metherie über die Natur des Wassers, aus dem journal de phys. Fevr. 1790. p. 14 übers. in Gren's Journal der Phys. B. II. S. 254. § 4. 5.

β) Journal de physique Dec. 1783. u. im Gothaisch. Magaz. B. II. St. 4. S. 91. 92.

Nicht lange darnach aber stellten Lavoisier und la Place genauere Versuche an, aus welchen sie die Zerlegung des Wassers in Sauerstoff und Wasserstoff mit Gewißheit zu schließen sich berechtigten. Man ließ zuerst eine Glasröhre in einer etwas geneigten Lage durch einen Ofen gehen, machte sie glühend, leitete von oben herein eine bestimmte Menge Wasserdämpfe, fing dasjenige, was aus dem untern Ende der Glasröhre herausging, in eine spiralförmig gewundene gläserne Röhre auf, und leitete es durch dieselbe in eine Flasche, welche durch eine andere Röhre mit dem chemisch-pnevmatischen Apparate verbunden war. Wenn nun die Glasröhre bloß glühend gemacht ward, so kühlten sich die durch selbige gegangenen Dämpfe des Wassers in der spiralförmigen Röhre ab, und verdichteten sich wieder zu Wasser, das in die Flasche hinein tröpfelte. Zuletzt fand man alles Wasser wieder, ohne daß sich irgend eine Luftart entwickelt hatte, mithin war diese Operation eine bloße Destillation des Wassers.

Brachte man hingegen in die schiefliegende Glasröhre 28 Gran gröblich zerstoßene wohl ausgeglühete Kohle, und operirte eben so wie vorher, so waren am Ende alle Kohlen verschwunden, auch fand man nicht alles übergetriebene Wasser in der Flasche wieder, sondern es fehlten davon 85,7 Gran; es war nähmlich eine Menge Gas entstanden, das sich im chemisch-pnevmatischen Apparate gesammelt hatte, und aus 100 Gran Luftsäure und 13,2 Gran einer sehr leichten brennbaren Luft bestand, mithin gerade so viel wog, als das verloren gegangene Wasser und die Kohle zusammen (85,7 + 28 = 113,7). Hieraus schloß Lavoisier, daß die 85,7 Gran Wasser durch diesen Prozeß zersetzt worden wären, und daß es zuvor aus 72 Gran Sauerstoff, und 137 Gran Wasserstoff bestanden habe. Nach seiner Erklärung haben sich die 28 Gran Kohle mit den 72 Gran Sauerstoff zu 100 Gran Luftsäure (Kohlengas) verbunden.

Brachte er statt der Kohle in die Glasröhre 274 Gran kleine, spiralförmig gewundene Bleche von sehr weichem Eisen, so fand er am Ende der Operation dieses Eisen verkalkt mit

mit einer Gewichtszunahme von 85 Grän. Das Wasser hatte einen Verlust von 100 Gran erlitten. Jetzt fand sich im chemisch-pnevmatischen Apparate ein sehr leichtes brennbares Gas, das nur 15 Grän wog. Daraus zog man abermahls den Schluß, daß die 100 Grän verloren gegangenes Wasser zersetzt worden wären, und zuvor aus 85 Grän Sauerstoff und 15 Grän Wasserstoff bestanden hätten.

Diesen Versuchen und den daraus gemachten Schlüssen zu Folge betrachtete man das Wasser als eine zusammengesetzte Substanz, deren einer Bestandtheil das Oxygen und der andere der Wasserstoff ist. Von diesem Wasserstoffe behauptet **Lavoisier**, daß er für sich allein bey dem Drucke der Luft und den Temperaturen, worin wir leben, nie anders als im Zustande eines Gas erscheinen könne.

Diese Behauptung von der Zusammensetzung des Wassers aus beyden genannten Stoffen suchte man auch durch die Synthesis zu bestätigen. Man kittete nähmlich auf einen gläsernen, etwa 10 Pinten Wasser haltenden, Ballon eine Kupferplatte auf, durch welche 4 Röhren gingen. Die erste Röhre war mit der Luftpumpe verbunden, um den Ballon luftleer zu machen, die andere Röhre ging in ein Behältniß mit reiner, und die dritte in eines mit brennbarer Luft. Diese drey Röhren sind mit Hähnen versehen; die vierte Röhre ist von Glas, und enthält einen Metalldraht mit einem kleinen Knopfe, um daraus gegen die Oeffnung der metallenen Röhre, aus welcher die brennbare Luft ausgeht, innerhalb des Ballons einen elektrischen Funken schlagen zu lassen. Die Luftarten, welche in diesen Ballon geleitet wurden, gingen durch salzsauren Kalk, damit sie so viel als möglich trocken wären. Nun machte man die erste Röhre an die Luftpumpe, machte den Ballon luftleer, und leitete durch die andern Röhren vermittelst der Hähne reine und brennbare Luft hinein, doch allemahl von der erstern mehr, als von der andern. Wenn nun das Gemisch von dem elektrischen Funken entzündet ward, so setzte sich an der innern Fläche des Ballons Wasser ab, welches sich endlich in großen Tropfen vereinigte und

auf

auf dem Boden sammelte. Durch Abwägung des Ballons vor und nach der Operation wurde das Gewicht des Wassers bestimmt. Nach der Versicherung der Herren **Lavoisier** und **Meusnier** haben sie aus 85 Theilen Oxygen und 15 Theilen Hydrogen 100 Theile Wasser dem Gewichte nach erhalten. Hieraus glaubte man nun mit Gewißheit schließen zu können, daß das Wasser aus Oxygen und Hydrogen zusammengesetzt sey. Uebrigens besäßen diese Stoffe abgesondert von einander eine solche große Verwandtschaft gegen den Wärmestoff, daß sie nie anders, als unter der Gestalt von Gasarten erscheinen könnten.

Der erste, welcher diesen Versuchen widersprach, war **de la Metherie** a). Er läugnete die Zersetzung des Wassers durch das Eisen, weil man nach seinen Versuchen keine brennbare Luft erhalte, wenn man Wasser über Eisenfeile hinweggehen lasse. Weit wichtigere Einwürfe setzten diesen Versuchen **Priestley**, **Fontana**, **Klaproth**, **Westrumb**, **Achard** u. s. entgegen, unter welchen der vorzüglichste dieser ist, daß die Zerlegung des Wassers von den Antiphlogistikern nicht durch das Factum selbst, sondern erst durch die angenommene Erklärung selbst bewiesen werde.

Da die Versuche von einigen Naturforschern bezweifelt wurden, so suchte man sie durch öffentliche Veranstaltung zu bestätigen. Das merkwürdigste Experiment ist nach **Girtanner's** Erzählung Folgendes. Man füllte einen vom Schaft genommenen Flintenlauf mit dickem Eisendrahte an, welcher vorher unter dem Hammer war breit geschlagen worden. Hierauf wurde der Flintenlauf mit dem darin enthaltenen Eisendrahte auf das genaueste und sorgfältigste gewogen, dann mit einem Kitte überzogen, und in einer schiefen Lage in einen Ofen gelegt. Die obere Oeffnung des Flintenlaufs wurde hierauf mit einem großen Trichter verbunden, der voll Wasser war, aber unten das Wasser nur tropfenweise durch eine sehr enge Oeffnung offen ließ, die vermittelst eines Hahns verschlossen

a) Journal de physique. Janv. 1784.

verschlossen und geöffnet werden konnte. Der Trichter war oben verschlossen, um das Ausdunsten des Wassers zu verhindern. Am untern Ende des Flintenlaufs war eine tubulirte Vorlage angebracht, um das nicht zerlegte Wasser aufzufangen. Aus der Tubulatur der Vorlage ging eine gläserne Röhre unter die zum Auffangen der Gasarten bestimmten Gefäße. Um den Versuch entscheidend zu machen, ward vor dem Anfange desselben der ganze Apparat luftleer gemacht. Nachdem dieses geschehen war, wurde das Feuer im Ofen angezündet, und der Flintenlauf glühend gemacht. Dann ließ man das Wasser tropfenweise aus dem Trichter in den Flintenlauf. Es entwickelte sich eine Menge brennbares Gas. Nach geendigtem Versuche wurde der Flintenlauf aus dem Ofen genommen, und nachdem der Kitt rein davon abgeschlagen war, wurde derselbe gewogen. Am Gewichte hatte er beträchtlich zugenommen. Diese Zunahme am Gewichte zu dem Gewichte des brennbaren Gas addirt war ziemlich genau dem Gewichte des zersetzten Wassers gleich. Der Eisendraht, womit der Flintenlauf angefüllt war, und die innere Seite des Flintenlaufs selbst, waren ganz in schwarzen Eisenkalk verwandelt, welcher schon krystallisirt war, und aussah wie die Eisenminer von der Insel Elba. Das durch den Versuch erhaltene brennbare Gas wurde mit so viel Sauerstoff vermischt, als sich während des Versuchs mit dem Eisen verbunden hatte, und nachher verbrannt. Man erhielt etwas mehr Wasser, als zu dem Versuche verwendet worden.

Solche decisive Versuche, sagt Girtanner, lassen sich durch hypothetisches Räsonnement nicht wegdisputiren; man muß entweder beweisen, daß diese Versuche unrichtig sind, oder man muß andere eben so decisive Versuche anstellen, welche das Gegentheil beweisen, oder man muß sich für überzeugt halten.

Gegen diesen Versuch ist aber wieder eingewendet worden, er sey zwar so, wie er beschrieben worden, wahr, das Wasser werde aber dabey nicht zersetzt, sondern es entwickele sich

sich nur die brennbare Luft aus dem Eisen, und löse das Wasser auf, so daß dasselbe verschwinde. Allein die Antiphlogistiker antworten darauf, diese Erklärungsart stimme gar nicht mit den Thatsachen überein; denn 1) sey die Zunahme des Gewichts des Eisens, addirt zu dem Gewichte des erhaltenen brennbaren Gas aufs allergenaueste gleich dem Gewichte des verschwundenen Wassers, und 2) wenn man das erhaltene brennbare Gas mit dem Sauerstoffgas verbinde, so zeige sich, daß dasselbe im Verbrennen eben so viel Sauerstoffgas einsauge als die Zunahme des Gewichts des Eisens betrage, und daß das Wasser welches nach dem Verbrennen zurückbleibe, genau so viel betrage, als in dem Versuche zerlegt worden sey. Uebrigens sey es eine sehr unwahrscheinliche und bis jetzt noch unbewiesene Hypothese, daß das Eisen Wasserstoff oder brennbares Gas in seiner Mischung enthalte, welches erst noch müsse bewiesen werden.

Noch hat man gegen die Wasserzerlegung durch Eisen folgenden von Dr Priestley angestellten Versuch angeführt. Es ward nähmlich ein Stück Eisen unter einer mit Sauerstoffgas angefüllten Glocke dem Brennpunkte eines Brennglases ausgesetzt. Das Gas verminderte sich und wurde von dem Eisen eingesogen. Das Eisen verwandelte sich in einen schwarzen Kalk, der schwerer als das Metall war. Nachher setzte Priestley diesen Kalk unter eine mit brennbarem Gas angefüllte Glocke, und ließ den Brennpunkt darauf fallen; es entstand Wasser, das Gas verminderte sich, und das Eisen wurde zum Theil reducirt. Hier schien es, als sauge das Eisen Wasser aus dem Sauerstoffgas ein, und lasse es nachher wieder fahren, um dafür aus dem brennbaren Gas etwas an sich zu nehmen, wodurch es reducirt werde. Dagegen bemerkt aber Girtanner, daß gerade dieser Versuch einer der auffallendsten Beweise für die antiphlogistische Theorie sey. Das Wasser werde nähmlich durch das Eisen zerlegt, weil in der Glühehitze der Sauerstoff zum Eisen eine größere Verwandtschaft habe, als zum brennbaren Gas; aber diese Verwandtschaft habe ihre Gränzen. Es entziehe daher

das Eisen dem Wasser niemahls mehr Sauerstoff, als so viel nöthig ist, um in einen schwarzen krystallisirten Eisenmohr verwandelt zu werden. Aus dem Sauerstoffgas aber nehme es weit mehr Sauerstoff auf, als es nachher in der brennbaren Luft enthalten könne. Es gehe also der nunmehr überflüssige Sauerstoff heraus, verbinde sich mit dem Wasserstoffe des brennbaren Gas zu Wasser, und das vorher weit stärker verkalkte Eisen trete in den Zustand des Eisenmohrs zurück.

Da aber auch dieser Versuch immer noch eine Erklärung zuließ, welche der Erklärung der Antiphlogistiker entgegen war, so versuchte man durch einen bloßen elektrischen Funken das Wasser zu zerlegen. Auch schien wirklich ein Versuch dieser Art, der im Jahr 1789. zu Amsterdam von den Herren **Paets van Troostwyck** und **Deiman** angestellt wurde, entscheidend zu seyn, den auch **Schurer** [α]) als Augenzeuge beschreibt. Herrn **Cuthbertson's** [β]) Nachricht davon ist folgende: Man nahm eine Glasröhre (fig. 28.), welche ungefähr $\frac{1}{30}$ Zoll im Lichten hatte, und bog sie zwey Mahl, so wie es die Fig. vorstellt; das untere Ende der Röhre blieb offen, in das obere ward ein Golddraht gesteckt, der ungefähr 1 Zoll weit in die Röhre hineinging, auswendig aber noch etwas über dieselbe hervorragte, und in dieser Lage ward die obere Öffnung der Röhre zugeschmolzen. Ein anderer langer Golddraht ward durch die unterste Oeffnung so weit in die Röhre geschoben, bis dessen oberstes Ende von dem untersten des vorigen Drahts noch ungefähr $\frac{1}{4}$ Zoll entfernt war. Hiernächst ward die Röhre mit destillirtem Wasser gefüllt, und mit dem offenen Ende in ein Glas gesetzt, welches eben solches Wasser enthielt. Beydes zusammen brachte man hierauf unter die Glocke auf einem Teller der Luftpumpe, und zog so viel als möglich alle Luft heraus; alsdann ließ man eine wiederhohlte Entladung einer Leidner Flasche von 1 Quadratfuß

α) Annales de chymie. Tom. V. p. 276.

β) Cuthbertson's Brief in den Leipz. Samml. zur Phys. und Naturg. B. IV. St. 4. S. 450 f.

ßeren Belegung vermittelst des Golddrahts durch das in der Röhre enthaltene Wasser gehen. Bey jedem Funken, der vom obern Drahte auf den untern absprang, zeigten sich an dem letztern Luftbläschen, welche in der Röhre in die Höhe stiegen, sich daselbst ansammelten und eine kleine Luftsäule bildeten. War nun die Luftsäule so lang worden, als der obere Draht in die Röhre hineinging, so entzündete sie sich bey der nächsten Entladung; sie verbrannte, und das Wasser stieg wieder bis an die Spitze der Röhre in die Höhe. Diese Wirkung des elektrischen Funkens auf die entstandene Luft gab deren Beschaffenheit hinreichend zu erkennen. Man schloß nähmlich, weil sie der Funken entzündet habe, so müßte sie ein Gemisch von dephlogistisirter und brennbarer Luft gewesen seyn.

Herr Hermbstädt *) macht hierbey die Bemerkung, daß bey diesem Versuche weder Kohle noch Eisen mit dem Wasser in Berührung komme, daß der Golddraht bloß dazu diene, um dem elektrischen Funken einen Weg durchs Wasser zu bahnen, und seine Auflösung in zwey gasförmige Flüssigkeiten, die in ihrer Vermischung eine Knallluft bilden, zu bewirken, aus welcher durch die Entzündung wieder Wasser erzeugt werde. Wolle man vielleicht einwenden, daß hier die inflammable Luft von Seiten der elektrischen Materie erzeugt sey, so müsse er gestehen, daß eine solche Einwendung bloß Chimäre seyn würde, und daß er nicht begreifen könne, wie man das Wahre absolut von sich stoße, um nach Phantomen zu haschen.

Dessen ungeachtet sind den Folgen, welche die Antiphlogistiker hieraus gezogen haben, zwey Einwendungen entgegengesetzt worden.

Die erste ist, daß man jenes elastische Fluidum nicht gehörig heraus genommen und eudiometrisch geprüft habe, welches nothwendig hätte geschehen müssen, wenn man mit Gewißheit behaupten wolle, daß es die gehörige Mischung von

 Sauer-

*) Lavoisier System der antiphlogistischen Chemie. B. I. 1792. Zusatz. S. 120.

Sauerstoffgas und brennbarem Gas gewesen sey. Und außerdem sey der Schluß: wenn sich ein Gemisch von diesen beyden Gasarten entzündet, und Wasser gibt, so muß auch ein jedes Gas, das sich entzündet und Wasser gibt, ein Gemisch von diesen beyden Gasarten seyn, durch Umkehrung nicht ganz logisch richtig.

Die zweyte Einwendung bezieht sich auf die gänzliche Vernachlässigung des chemischen Einflusses der Elektricität. Diese Einwendung hat besonders Lichtenberg *) sehr dringend dargestellt. Den Vertheidigern der Zerlegung des Wassers in Sauerstoff und Wasserstoff sey es noch nicht eingefallen, zu fragen, was hierbey eigentlich die Elektricität thue? Erschüttere sie bloß, oder wurfele sie bloß, oder erhitze sie bloß, oder verbinde sie sich etwa, ganz oder selbst zersetzt, mit dem Wasser, und helfe ihm die Luftgestalt geben? Diese Fragen müßten doch dem unbefangenen Naturforscher immer erlaubt bleiben. Es sey ungerecht, sie als Chimären und Phantome mit Verachtung zurückzuweisen, und zu sagen, wer so frage, stoße die Wahrheit von sich. Bey jedem andern Stoffe, durch den man die Verwandlung bewirkt hätte, wäre sicherlich von chemischer Verbindung gesprochen worden; nur bey elektrischen Funken wolle man daran nicht gedacht wissen. Und aus welchem Grunde? Weil wir, sagt man, noch keine chemische Verbindungen der elektrischen Materie kennten. Dieß sey ein sehr arger Cirkel im Schließen. Es könne ja gerade hier eine solche Verbindung vorgehen, die wir uns eben bemühen sollten, kennen zu lernen. Man zersetze ja auch durch die Elektricität die alkalinische Luft, die Salpeterluft, die schwereren brennbaren Luftarten, man vermindere dadurch die atmosphärische, und erhalte durch sie Salpetersäure aus Sauerstoff- und Stickstoffluft. Wären dieß nicht Facta genug, die auf chemische Verbindungen und Wirkungen hinwiesen? Wenn man die elektrische Materie aus Sauerstoff und Wasserstoff mit Wärmestoffe bestehen ließe, jene Facta nach dieser Hypothese erklärte, und den Erklärungen

*) Erxleben Anfangsgr. der Naturlehre. 6te Aufl. Vorr. S. XXVIII f.

gen das Gepräge von Thatsachen ausdrückte, so ließe sich mit ein wenig Witz und Schreibart ein Gebäude einer elektrischen Chemie errichten, das dem antiphlogistischen am äußern Scheine wenig nachgeben würde. In diesem Lehrgebäude würde man aus dem Amsterdammer Versuche erweisen, daß Wasser und Oxygen die Grundlagen der dephlogistisirten, so wie Wasser und Hydrogen die der brennbaren Luft wären, und dieß mit dem nähmlichen Rechte, und eben so logisch, als jetzt die Antiphlogistiker daraus die Zerlegung und die Zusammensetzung des Wassers erwiesen.

Auch hat Herr de Lüc gegen die Antiphlogistiker mehrmahls bemerkt, daß Wärmestoff allein mit Wasser allein nie Luft, sondern nur Wasser gebe, wenn aber zu diesen beyden Substanzen noch ein drittes, z. B. Licht, hinzukomme, so entstehe eine permanent elastische Flüssigkeit. Dieß erhalte durch den Amsterdammer Versuch eine neue Bestätigung; denn es sey hierbey das Wasser die einzige wägbare Substanz, welche etwas zur Bildung der Luftart beytragen könnte. Durch Feuer allein könnte nur Wasserdampf entstehen; durch den elektrischen Funken aber bildete sich Luft, und so oft jene mitgetheilt werde, zeigten sich auch kleine Luftbläschen. Es sey also das elektrische Fluidum das Zwischenmittel, durch deren Einwirkung die Wasserdämpfe eine luftförmige Gestalt annähmen.

In den neuesten Zeiten ist dieser Gegenstand mit Hülfe der sinnreichen und merkwürdigen galvanischen Batterie von Volta noch viel weiter untersucht worden. Gleich bey den ersten seit 1800. damit angestellten Versuchen schien sich unter der Verkalkung der Metalle, die der Volta'schen Säule ausgesetzt waren, die Zersetzung des Wassers in Sauerstoff und Wasserstoff zu ergeben. Carlisle, der mit Nicholson *) dergleichen Versuche anstellte, bemerkte, daß, als ein Tropfen Wasser auf die obere Zinkplatte gebracht war, um der Berührung gewisser zu seyn, um den berührenden Draht herum

 Gas

*) Nicholson's journal of natural philosophy. Vol. IV. p. 197. in Gilbert's Annalen der Physik, B. VI. S. 540.

Gas entbunden wurde, welches, so wenig dessen auch war, doch wie Wasserstoffgas zu riechen schien. Diese Bemerkung gab Veranlassung, den galvanischen Strom durch zwey Messingdrähte zu führen, welche sich in einer mit Korkstöpseln verschlossenen $\frac{1}{2}$ Zoll weiten Glasröhre voll frischen Flußwassers $1\frac{3}{4}$ Zoll von einander sich endigten. Der eine Draht dieses Ausladers wurde mit der obern, und die andere mit der untern Platte einer aus 36 halben Kronenstücken und eben so vielen Zink- und Pappscheiben zusammengesetzten Säule in Berührung gebracht. Sogleich erhob sich in der Röhre aus der Spitze des untern mit dem Silber verbundenen Drahts ein feiner Strom kleiner Luftbläschen, und die darüber stehende Spitze des obern Drahts fing an anzulaufen, und wurde zuerst dunkelorange, dann schwarz. Als die Glasröhre umgekehrt ward, stieg das Gas aus der andern Spitze, die nun, wie die untere, mit dem Silber verbunden war, während die obere ebenfalls anlief und schwarz wurde. Die Röhre wurde aufs neue umgekehrt, wobey die Erscheinungen wieder, wie zuerst, erfolgten. Die Spitze des obern Drahts stieß nach und nach weiße häutige Wölkchen aus, die sich zu Ende des Prozesses erbsengrün färbten, und in senkrechten Fäden von dem äußersten halben Zolle des Drahts herabhingen. Das, was herabfiel, trübte das Wasser, und legte sich größten Theils in blaßgrüner Farbe auf die untere Fläche der Röhre, welche in dieser Lage des Apparats einen Winkel von 40° mit dem Horizonte machte. Der untere Draht von $\frac{3}{4}$ Zoll Länge stieß beständig Gas aus; brachte man aber noch über dieß einen andern ununterbrochenen Draht an den Apparat an, so hörte diese Gasentbindung sogleich auf; nahm man diesen letzt erwähnten Draht weg, so erschien das Gas wie zuvor, aber nicht augenblicklich, sondern erst nach 4 Schlägen einer halben Sekundenuhr. Das ganze während $2\frac{1}{2}$ Stunden entbundene Gas betrug $\frac{2}{30}$ eines Cubikzolles. Gemischt mit einer gleichen Menge atmosphärischer Luft explodirte es bey der Annäherung eines brennenden gewichsten Fadens.

Bey

Bey diesem Versuche hatte man die Zersetzung des Wassers erwartet; daß sich aber der Wasserstoff stets nur am Ende des einen Drahts entwickelte, während sich der Sauerstoff mit dem andern verband, war vorjetzt unerklärbar, und schien auf irgend ein allgemeines Gesetz der Wirkungsweise des Galvanismus in chemischen Operationen hinzuweisen. Nach dem Resultate mehrerer Versuche schien es, daß die Zersetzung des Wassers desto stärker vor sich geht, je näher sich die beyden Drahtenden sind; daß sie aber ganz aufhört, wenn sie sich berühren. Ueberhaupt ward bemerkt, daß der Prozeß der Wassererzeugung auch zwischen jeden Paar Platten so wohl in der Säule, als in dem Apparate mit Gläsern vor sich gehe, wobey der Zink auf der nassen Oberfläche verkalkt und zugleich Wasserstoffgas entbunden wird.

Auch versuchte Carlisle die Zersetzung des Wassers durch solche Metalle zu bewirken, die sich schwer verkalken. Er befestigte nähmlich zwey Platinadrähte, von welchen der eine rund und $\frac{1}{40}$ Zoll stark, der andere von derselben Art, breit geschlagen war, in eine kurze Röhre von $\frac{1}{4}$ Zoll innern Durchmesser. Als dieser Leiter mit der Säule in Verbindung gebracht wurde, gab der mit dem Silber verbundene Draht einen sehr reichlichen Strom feiner Luftbläschen; und auch aus dem mit Zink verbundenen Drahte strömte ein Luftstrom, doch minder stark, hervor. Dabey zeigte sich weder Trübung des Wassers, noch Verkalkung und Anlaufen der metallischen Drähte, obgleich die Operation 4 Stunden lang fortgesetzt wurde. Er vermuthete natürlich, daß der von der Silberseite herkommende größere Strom Wasserstoffgas, der kleinere von der Zinkseite her strömende Sauerstoffgas sey. Starke Goldblättchen statt der Platinadrähte gebraucht, brachten dieselben Erscheinungen hervor. Wurde statt des einen Goldblättchens ein Messingdraht genommen, und dieser mit der Silberseite verbunden, so entwickelten sich die beyden Gasarten, wie zuvor, 2 Stunden lang, ohne eintretende Verkalkung. Verband er aber den Messingdraht mit der Zinkseite, so wurde er auf die nähmliche Art, wie bey zwey Messing-

drähten, verkalkt. Durch diese einfach scheinende Zersetzung des Wassers mittelst der Platinadrähte ohne Verkalkung erhielt man ein Mittel, die beyden entwickelten Gasarten besonders aufzufangen. Nachdem der Prozeß 13 Stunden gedauert hatte, ward eine jede Gasart in besondere Gefäße gebracht. Das von der Zinkseite ausströmende Gas betrug 72 Gran, das von der Silberseite 142 Gran, und das ganze Gasprodukt 1,17 Cubikzoll. Das Gas von der Zinkseite zog sich beym Zusatze von einem Maße Salpetergas auf 1 25 zusammen, das Gas von der Silberseite bey gleicher Behandlung auf 1,6 und die Luft der Stube auf 1,28. Das Gas von der Zinkseite war zum Verpuffen zu wenig; das von der Silberseite verpuffte aber mit einem Drittel atmosphärischer Luft unter einem lauten Knall. Alle dabey gemachten Beobachtungen ließen vermuthen, daß es nicht wahrscheinlich sey, daß beyde Drähte Sauerstoffgas gegeben, sondern daß vielmehr die beyden Gasströme sich während des Prozesses mit einander vermischt hatten.

Dieselben Erscheinungen beobachtete auch **Cruickshank**, welcher dieselben Versuche nebst mehreren andern mit einer Säule von 40 bis 100 Platten anstellte. Das vorzüglich hierher gehörige Resultat war dieß, daß, wenn man die längs Gold- oder Platinadrähten sich entwickelnden Gasarten über Quecksilber mit einander abbrennt, sie ganz verschwinden, und sich zu Wasser vereinigen. Wahrscheinlich wird hierbey auch etwas Salpetersäure gebildet, da sich immer noch einige Zeit nach der Explosion ein dichter weißer Dampf zeigt. Das wenige rückständige Gas scheint Stickgas zu seyn.

Aus diesen Versuchen machte man nun den Schluß, daß das Wasser wirklich in die beyden Bestandtheile, dem Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt sey. Nachdem aber dieser wichtige Gegenstand mit unermüdetem Fleiße weiter verfolgt, und auf alle mögliche dabey eintretende Umstände Rücksicht genommen wurde, so fing man doch bald wieder an, diesen Schluß zu bezweifeln. Besonders zog Herr **Ritter** aus seinen merkwürdigen galvanischen Versuchen, welche hier zu beschreiben

schreiben zu weitläuftig seyn würde, die Folge: das bisher durch Synthesis und Analysis als zusammengesetzt erkannte Wasser sey **einfach**, und lasse sich nicht durch die Einwirkung der Volta'schen Säule in seine respektive Bestandtheile, nähmlich Oxygen und Hydrogen, zerlegen, sondern der wägbare Theil des Wassers selbst werde durch die Wirkung der obern und untern Seite der Säule nach Gefallen in Oxygen- oder Hydrogengas verwandelt. Gegen diese Folge des Herrn **Ritter's** bemerkt aber Herr **Simon** [α]), daß, angenommen, Sauerstoff und Wasserstoff seyen nicht Bestandtheile des Wassers, sondern neue Produkte aus demselben, dieß noch nicht zu dem Schlusse berechtige das Wasser, als den einen Bestandtheil dieser Produkte, als einfach anzunehmen. Allein es sey auch dieß nicht allein die einzige Ansicht, welche das Resultat dieser Versuche darbiethe. Wir kennten mehrere Stoffe, die bey verschiedenen Verhältnissen ihrer Bestandtheile unter sehr abwechselnden Modificationen erscheinen könnten.

Auch Herr **Arnim** [β]) führt an, daß Herrn **Ritter's** Versuche noch nicht ganz befriedigend seyen: denn es war eine genaue Analyse des Wassers vor und nach dem Versuche unumgänglich nothwendig, besonders da seit den neuen Versuchen **Paul's** [γ]) beobachtet worden, daß Wasser, ohne es merklich im Geschmacke oder in andern Eigenschaften zu ändern, mit dem Doppelten seines Volumens Sauerstoffgas oder Wasserstoffgas geschwängert werden könne. Es würde also nach Herrn **Ritter's** Behauptung, da nähmlich beyde Gasarten mit dem Wasser wirklich chemisch verbunden sind, und in dieser Verbindung alles qualitativ Auszeichnende verloren haben, eine völlige Rückkehr beyder zu Wasser nicht zu läugnen seyn. Allein dieß war der Fall wirklich nicht; denn immer konnte noch durch Kochen, nach dem Berichte der Untersuchungscommission, dem oxygenirten Wasser der Sauerstoff,

α) Annalen der Physik durch Gilbert. B. VIII. S. 31.

β) Ebendas. S. 182.

γ) Journal de physique. To. L. p. 192.

stoff, dem hydrogenirten der Wasserstoff ganz hergestellt wieder entzogen werden. Um also diesen wichtigen Gegenstand mehr aufzuhellen, entschloß sich Herr Arnim, eigene Versuche zu wiederhohlten Mahlen anzustellen, und auf alle dabey sich ereignenden Umstände genau Rücksicht zu nehmen. Seine Resultate bestimmten ihn endlich zu dem Endurtheile, daß aus seinen Versuchen nichts gegen die Zusammensetzung des Wassers folge.

Es würde mich zu weit führen, noch mehrere Versuche über die Wirkung der Volta'schen Säule auf das Wasser anzuführen, da immer noch für und wider die Zusammensetzung des Wassers gestritten wird. Indessen scheinen doch mehrere Wirkungen der galvanischen Batterie überwiegende Gründe darzubiethen, daß das Wasser wirklich aus beyden Stoffen, dem Sauerstoffe und Wasserstoffe, zusammengesetzt sey.

M. s. **Wolff** nützliche Versuche. Halle 1721. 8. Th. I. S. 12. 13. *van Musschenbroek* introduct. ad philosoph. natural. Lugd. Batav. 1762. 4. To. II. cap. 27. de aqua. **Karsten** Anleitung zur gemeinnützlichen Kenntniß der Natur. Halle 1787. 8. §. 42. **Zimmermann** über die Elasticität des Wassers. Leipz. 1779. 8. **Macquer** chemisches Wörterbuch: Artik. **Wasser**. **Gren** Grundriß der Naturlehre. Halle 1797. 8. **de Lüc** neue Ideen über die Meteorologie. Th. II. Berlin u. Stett. 1788. 8. S. 153 f. **Gren's** Journal der Physik und **Gilbert's** Annalen der Physik a. d. angef. Orten.

Wasserbarometer s. **Luftkreis**.

Wasserbley s. **Metalle**.

Wasserbleysäure s. **Molybdänsäure**.

Wasserdampf s. **Dämpfe**.

Wasserfall (cataracta, cascade, cataracte d'eau). Hierunter versteht man das Herabstürzen von Flüssen, Bächen u. dgl. an denjenigen Stellen, wo das Wasserbette durch steile Abhänge unterbrochen wird. Dergleichen Wasserfälle finden sich meisten Theils in gebirgigen Gegenden unweit des

Ursprungs

Ursprungs der Gewässer, weil in weiterer Entfernung gewöhnlich das Flußbette regelmäßiger wird, und endlich zuletzt mit einem allmählichen und beynahe durchaus gleichförmigen Abhange bis zum Meere hingeht. So stürzen in der Schweiz ansehnliche Gewässer von ziemlichen Höhen herab, und der Rhein besonders hat noch bey Schafhausen einen Wasserfall von 80 Fuß Höhe, und einen andern bey Laufenburg.

Bey den Alten werden die Wasserfälle des Nils als sehr ansehnlich vorgestellt [a]). Einer der beträchtlichsten jetzt bekannten ist der des Flusses Niagara. Nach der Beschreibung des Isaak Weld [β]), der ihn in einer Karte und in einigen Kupfern abbildet, ist der Hauptfall im nördlichen Arme 1800 englische Fuß breit und 141 Fuß hoch, und der Fall im südlichen Arme 1100 Fuß breit und 163 Fuß hoch, aber wegen seiner größern Höhe nicht so wasserreich, als jener. Jener hat in seiner Mitte einen Einbug in der Gestalt eines Hufeisens, und hier steigt eine Dampf- und Nebelsäule auf, welche Weld selbst, als er an einem sehr heißen Tage auf dem Erieese schiffte, 54 englische Meilen weit, gleich einem Wölkchen am Horizonte, das im Fernrohre beständig seine Gestalt, nicht aber seinen Ort veränderte, wahrnahm. Noch über 1000 Fuß weit vom Falle von Ufer des Stroms unterhalb desselben näßte dieser Nebel so, als wäre er durch Wasser gezogen. Das gewaltige Toben wird zu Zeiten, besonders kurz vor Regenwetter, wo die Luft den Schall am besten fortpflanzt, 40 englische Meilen weit deutlich gehört; am Tage aber, als Weld ihn sah, hörte er den Fall noch nicht, als er sich ihm schon bis auf eine halbe englische Meile genähert hatte. Man kann sich dem fallenden Wasserbogen nähern, so daß sich hinter ihm zwischen das Wasser und den Felsen, in welchen das Wasser eine Menge Höhlen ausgespühlt hat, ein Blick werfen läßt.

Der

a) *Plinius* hist. natur. V. 9. VI. 29.

β) Travels trough the state of Nort-America and the Provinces of Vppa and Low or Canada, during thes years 1795. 96 and 97. Lond. 1799. p. 308 sqq. in Gilbert's Annalen der Phys. B. III. S. 133 f.

Der größte unter allen Wasserfällen ist der des Begocas bey St Magdalena, welchen Bouguer beschreibt, und seine Höhe auf 2 bis 300 Toisen angibt.

Wassergleich s. Horizontal.

Wasserhammer, Pulshammer (aqua pulsans in tubo ab aëre vacuo, marteau d'eau). Diesen Nahmen führt eine gläserne luftleere auf beyden Seiten verschlossene Röhre, welche etwas Wasser enthält. Gewöhnlich ist die Röhre 10 bis 12 Zoll lang, am obern Ende in eine Spitze auslaufend, am untern Ende etwas stark vom Glase, und in einer Halbkugelgestalt abgerundet, oder mit einer angeblasenen Kugel verbunden.

Kehrt man eine solche Röhre um, so daß das Wasser langsam in die Spitze läuft, alsdann aber durch ein schnelles Umkehren das Wasser auf den Boden desselben zurückfallen läßt, so schlägt es sehr stark, wie ein harter Körper, gegen den Boden, verursacht einen Schall, und zerbricht das Glas, wenn es unten nicht Festigkeit genug besitzt. Gewöhnlich hat man neben dem Wasserhammer eine andere demselben gleiche Röhre, welche ebenfalls etwas Wasser enthält, ohne sie aber luftleer zu machen. In dieser Röhre fällt nun das Wasser mit schwachem Geräusch und langsam herab. Aus dieser Erscheinung hat man beweisen wollen, daß alle Körper ursprünglich hart sind, daß folglich das Wasser und alle Flüssigkeiten aus Atomen, welche hart sind, bestehen. Allein dieß wird offenbar dadurch nicht bewiesen; vielmehr rührt der Schall bloß daher, weil das Wasser im Fallen kein elastisches widerstehendes Medium findet, das gleichsam den Stoß beym Fallen aufnimmt, und dadurch verursacht, daß der Stoß gegen die untere Fläche des Glases sehr gering wird.

Wasserhose, Wassersäule, Wettersäule Seehose, Wassertrompete (nubis pendula, columna, prester, turbo aqueus, tuba, trombe de mer). Unter diesem Ausdrucke versteht man ein schreckliches Meteor, welches aus einer Wassersäule in Gestalt eines umgekehrten Kegels oder

Sprach-

Sprachrohrs besteht, die sich entweder von einer Wolke herab gegen das Meer erstreckt, oder auch umgekehrt vom Meere aus in den Luftkreis sich erhebt, mit einem Geräusche im Wirbel sich herumdrehet, von einem Orte zum andern fortrückt, und an denjenigen Gegenständen, die sie entweder auf dem Meere, oder wenn sie selbiges verläßt, auf dem Lande antrifft, große Verwüstung anrichtet. Auch auf dem Lande gibt es Beyspiele, wiewohl seltener, als auf dem Wasser, daß sich entweder die gegen den Erdboden herabgezogene Wolke, als auch eine von Staub, Steinen und Erde erhobene Säule im schnellen Wirbel fortbewegt, und alle ihr im Wege stehende Objekte mit sich fortreißt oder zerstört.

Schon beym **Lukrez** α) findet man dieses fürchterliche Meteor beschrieben. Neuere merkwürdige Wasserhosen finden sich beym **Dampier** β) und in den philosoph. Transact. γ), aus welchen beym **Musschenbroek** δ) und **Bergmann** ε) die Abbildungen genommen sind. Ferner finden sich Beschreibungen in den Pariser und Schwedischen Akademien der Wissenschaften ζ), und aus diesen zusammengetragen beym **Franklin** η) und **Reimarus** ϑ). Auch von **Forster** ι), **Michaud, Wild, Baussard** κ) sind Beschreibungen geliefert. Von Wettersäulen auf dem Lande finden sich ähnliche Beschreibungen in den philosoph. Transact. λ) von **Dryshout**

α) De natura rer. L. VI. v. 423 sqq.

β) Voyage round the world; in der collect. of voyages. Lond. 1729. 8. Vol. I. p. 452. Vol. III. p. 182.

γ) Vol. XXII. num. 270. p. 805. Vol. XXIII num. 277. p. 1077. Vol. XXVIII. num. 428. p. 78. Vol. XLVI. num. 493. p. 248. Vol. XLVIII. p. 477.

δ) Introduct. ad philosoph. natural. To. II. Tab. I. X.

ε) Phys. Beschreibung der Erdkugel a. d. Schw. durch Röhl. Greifsw. 1780. 8. Th. II. Taf. I. fig. 2.

ζ) Histoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris 1727. 1741. 1764. Schwedische Abhandl. B. XII. 1750. S. 285.

η) Exp. and observ. of electricity. Lond. 1769. 4. p. 32 sqq.

ϑ) Vom Blitze. Hamb. 1778. 8. §. 155 f.

ι) Reise um die Welt in den Jahren 1772 — 1775. Berl. 1778. 4. B. I. S. 144.

κ) Gilbert's Annalen der Physik, B. VII. St. 1.

λ) Philos. Transact. Vol XXIII. num. 281. p. 1248. num. 284. p. 1331. Vol. XXX. num. 363. p. 1097.

Dryshout [α]), Boscowich [β]) und im Gothaischen Magazin [γ]).

Die Wasserhosen erscheinen gemeiniglich bey stillem Wetter; die See scheint zu sieden. Die Säule selbst hat eigentlich die Gestalt des Sprachrohrs, dessen weiteres Ende sich in den Wolken, und das engere nach der See zu befindet. Die Größe der Säule ist gar sehr verschieden; oft hat sie mehrere Toisen im Durchmesser, bisweilen über 50. Wenn sie aus dichtem Wasser besteht, so ist sie durchsichtig; meisten Theils aber inwendig hohl, und von außen mit einer Menge zertheilter Tropfen umgeben, welche ringsum sie einen Nebel verbreiten, durch welche ihr Ansehen trübe und dunkel wird. Ihre Stellung ist bisweilen senkrecht nach der See, bisweilen schief und bisweilen selbst in der Gestalt einer krummen Linie. Ihre Dauer ist sehr verschieden; denn einige verschwinden so gleich wieder, so bald sie entstanden sind, andere aber währen eine ziemliche Zeit lang; oft verschwindet auch eine, und es kommen so fort an derselben Stelle andere zum Vorschein. Die Schiffer pflegen gegen die Wasserhosen zu feuern und sie zu zerstören; auch führt Beccaria an, daß sie sich zerstreueten, wenn man scharfe Messer oder Degen daran brächte.

Nach Musschenbroek entstehen die Wasserhosen, so wie die Wetterwirbel auf dem Lande aus dem Zusammentreffen zweyer einander entgegengesetzten Winde, welche eine Wolke zwischen sich comprimiren, einen Theil derselben zu Wasser verdichten, und dieß schnell im Wirbel umtreiben. Fast die nähmliche Erklärung gibt auch Andoque [δ]), nur nimmt er nicht entgegengesetzte sondern parallele Winde an, die eine Wolke zwischen sich fassen. Allein diesen Erklärungen steht entgegen, daß gewöhnlich die Wasserhosen bey einer Windstille sich ereignen. Dampier führt an, daß im Jahre

α) Haarlemer Verhandlingen. Deel III. p. 321.
β) Beschreib. eines merkwürdig. Wetterwirbels in Rom, im Hamb. Magaz. B. X. S. 523.
γ) B. III. St. 3. S. 178.
δ) Histoir. de l'Acad. des scienc. de Paris. 1727.

Jahre 1674. eine Wasserhose an der Küste von Guinea nahe bey einem Schiffe zersprang, und das erhobene Wasser, wie eine große Last, ins Meer zurückfiel. Bey diesem Zerspringen ward zwar das Schiff von einem Windstoße auf die Seite geworfen und etwas beschädigt; allein es war auch augenblicklich der Wind vorüber. Wenn aber Winde dergleichen gewaltsame Wirkungen hervorbringen sollte, so müßten sie weit anhaltender seyn, und in einem viel weitern Umfange wahrgenommen werden.

Beccaria ᵅ) war der erste der sich bemühete zu zeigen, daß diese Erscheinung elektrischen Ursprungs sey. Er sucht dieß durch einen Versuch wahrscheinlich zu machen, indem man mit Hülfe der Elektricität einen Wassertropfen erheben kann. Selbst Cavallo ᵝ) gibt einen Versuch an, die Wasserhose im Kleinen vorstellig zu machen. Wenn man einen Wassertropfen auf den Knopf einer isolirten geladenen Leidner Flasche bringt, und demselben den Knopf einer andern auf die entgegengesetzte Art geladenen Leidner Flasche nähert, so wird er auf eine sonderbare Art herumgespritzt. Bringt man hingegen einen Wassertropfen auf den Knopf eines elektrisirten Conduktors, so dehnt er sich kegelförmig aus, wenn ein mit der Erde verbundener platter Leiter dagegen gebracht wird. Wenn man also nach dieser Vorstellung sich eine stark elektrisirte Wolke gedenkt, welche durch ihren Wirkungskreis der Erde oder dem Meere die entgegengesetzte Elektricität gibt, so wird zwischen beyden eine starke Anziehung entstehen, welche die Wolke kegelförmig herabzieht, das Wasser aber oder leichte Körper dagegen empor hebt, bis sich beyde entweder durch unmittelbare Berührung, oder durch einen Blitz ihre Elektricitäten mittheilen, und der obere Theil der Säule in die Wolke zurückgezogen wird, indem der untere auf einmahl herabfällt.

Die

ᵅ) Elettricismo artificiale e naturale 1753. 4. u. lettere dell' elettricismo in Bologna 1758. 4.

ᵝ) Vollständ. Abhandl. von der Elektricität. Leipz. 1797. B. I. S. 241.

Die Meinung, daß die Entstehung der Wasserhosen elektrischen Ursprungs sind, hat sich zwar durch alle nach der Zeit gemachte Beobachtungen bestätiget; allein neuere Beobachtungen haben überzeugend gelehrt, daß eben angeführte Erklärung von Cavallo von der Entstehung der Wasserhosen nicht Statt finden kann, und daß noch mancherley Erscheinungen durch die Elektricität gar nicht erklärt werden können. So bemerkte Michaud im März des Jahrs 1789. zu Nizza folgende drey Umstände, die ihm besonders auffielen:

1) Das Daseyn des Fußes der Wasserhose ohne ihren Stempel oder Körper. Vor dieser Beobachtung glaubte er, vermöge der im Jahre 1780. gemachten Beobachtungen, daß die den Fuß umgebende Dunstmasse von dem Stempel oder eigentlichen Körper hervorgebracht werde, und durch eine Verbreitung von dessen Stoffe entstehe. Nun aber sah er in diesem Phänomene deutlich die Identität jener Dunstmasse mit der, welche Wolken und Nebel hervorbringt, und daß sie nicht erst von oben herabgeführt wird. Der Embryo der Wasserhose scheint also zu beweisen, daß die Dunstmasse vielmehr ein Produkt der See sey.

2) War ihm sehr auffallend, daß dieser Fuß auf dem Platze seiner Entstehung unverrückt stehen blieb, indem die zuvor bemerkten Wasserhosen schnell von dem Winde mit fortgerissen wurden.

3) Ueberraschte es ihn, daß, obgleich der Körper der Wasserhose fehlte, der, seiner Meinung nach, die Intensität der Kraft, welche diese Erscheinung hervorbringt, sehr erhöhen muß, doch die Dunsthülle um den Fuß sich aufrecht und feststehend zu erhalten vermochte.

Während er diese Erscheinung beobachtete, wurde er in den niedrigen von Osten kommenden Wolken eine Art von Vorsprung oder Zipfel gewahr, welcher aus ihnen schief hervorragte. Der Fuß blieb bewegungslos, und der Wolkenzipfel behielt seine schiefe Richtung bis zu dem Augenblicke, als er vom Winde über den Fuß herangetrieben war. Nun bemerkte er mit seinen zwey Söhnen, daß sich dieser Zipfel senkrecht

senkrecht gegen den Fuß zu richtete, und gleich einem ungeheuern Sacke von Gaze vom obern Ende hinab aus einander rollte. Nachdem die Falten und Windungen dieses Dunstsackes verschwunden waren, und der graue halbdurchsichtige Körper der Wasserhose sich in den Boden des Fußes festgesetzt hatte, nahm er eine senkrechte Stellung an, und erweiterte sich in seinem Durchmesser. Hier bemerkte man nun, daß die Dünste durch den Sack aufwärts stiegen und ihm die Farbe des dunkeln Indigo gaben, die sich auch den Wolken mittheilte. In demselben Augenblicke wurde die Farbe der ganzen Wasserhose so dunkel, daß man in ihrem ausgedehnten Theile keine Bewegung mehr unterscheiden konnte. Man beobachtete nun, daß sich das ganze Phänomen von Osten nach Westen bewegte, und an der Küste von Provence vernichtet wurde.

Diese Wahrnehmungen lassen sich keines Weges aus der Wirkung der Elektricität ableiten, und es müssen daher außer der Elektricität noch andere Ursachen als mitwirkend angesehen werden. Die Resultate, welche Herr Michaud aus den an einer am 12. Aprill 1780. erschienenen Wasserhose gemachten Beobachtungen zu folgern glaubt, sind diese:

1) Daß innerhalb des Raums, welcher von dem Fuße der Wasserhose eingenommen wird, ein wirkliches Kochen in der See Statt findet.

2) Daß die Dünste des Wassers, welche in die Höhe getrieben werden, das Produkt einer Verdunstung sind, wobey das süße Wasser von dem salzigen geschieden werden muß, indem es durch Versuche entschieden, daß die Destillation das einzige Mittel sey, wodurch sich das Seewasser völlig versüßen lasse.

Eine andere merkwürdige Thatsache, welche Herr Michaud beobachtete, war diese: wenn der Fuß einer Wassersäule sich dem Lande zu nähern beginnt, so zieht sich der Durchmesser derselben zusammen, ihre Höhe nimmt ab, das ganze Volumen wird immer geringer, und verschwindet endlich gänzlich, so bald sie die Küste berührt. Nach genauer Beobach-

tung, die er anstellte, schien es, als ob der Fuß, auch der größten Wasserhose, abzunehmen anfange, so bald die Tiefe der See unter ihm geringer, als seine eigene Erhebung über ihre Oberfläche wird. Wenn dieß wahr sey, wie er gewiß glaube, so könne man daraus schließen, daß das Aufbrausen oder Kochen, welches die Wasserhose mit Wasser versieht, und die den Fuß rings umgebende Dünste bildet, sich vielleicht genau so weit in die Tiefe der See erstrecke, als der Fuß selbst sich über die See empor hebe, und daß die Quantität des Materials zur Ergänzung der Dünste in dem Verhältnisse abnehme, als das Wasser seichter werde.

Mit den Beobachtungen des Herrn **Michaud** stimmen diejenigen vollkommen überein, welche der Schiffslieutenant **Baussard** *) an einigen Wasserhosen im atlantischen Meere im Jahr 1782. machte. Dieser hat mehrmahls fast bey einem ganz freyen Wolkenhimmel bemerkt, daß die Wasserhosen sich zuerst aus dem Wasser erhoben, die Wolken erzeugen, oder doch wenigstens vergrößern, und Stürme veranlassen; mithin kann auch das Getöse, welches man hört, und das Aufkochen im Fuße nicht vom Wasser, das aus den Wolken fällt, verursacht werden, sondern beydes rührt von den Wassertheilen des Umkreises her, welche stärker verdichtet sind, oder mit geringerer Kraft in die Höhe getrieben werden, als die im Centro des Hebers. Was aber nun die Ursache dieses Phänomens betrifft, so meint **Baussard**, man könnte auf den Gedanken gerathen, daß unterirdische Entzündungen, wenn sie schnell aus dem Schoße des Meers herausdringen, die Wasserhosen und das Aufsteigen des Wassers in ihm verursachen. Allein die Erscheinungen seyn zu häufig, als daß man sie dieser einzigen Ursache zuschreiben könnte; wahrscheinlich wirken dabey verschiedene Ursachen zusammen.

Wasserschraube, Archimedische, Wasserschnecke (cochlea Archimedis, vis d'Archimede). Hiermit bezeichnet man eine Maschine zur Erhebung des Wassers, welche aus einer gegen den Horizont schiefliegenden Spindel mit einer

*) Journal de physique par *de la Metherie*. Tom. III. p. 346.

einer um selbige nach Art eines Schraubenganges gewundene hohle Röhre oder einem Canal besteht. Wenn die untere Oeffnung (fig. 29.) c der um die Spindel a b gewundenen Röhre unter Wasser ist, so tritt dasselbe so weit hinein, als es außen steht. Wird alsdann die Spindel a b mittelst einer Kurbel oder anderer Einrichtung so herumgedreht, daß die untere Oeffnung c vorangeht, so wird das Wasser, welches sich beständig im untersten Theile eines jeden Schraubenganges aufhält, nach und nach durch alle Schraubengänge gebracht, und endlich bey der Oeffnung f ausgegossen.

Die Erfindung dieser Wasserschraube wird gewöhnlich dem **Archimedes** zugeschrieben; indessen glauben aber andere, daß sie bereits den alten Egyptern bekannt gewesen sey, die sich derselben zur Austrocknung der Wiesen, wenn sie vom Nilstrom unter Wasser gesetzt waren, bedient haben sollen. Da es nach **Leupold's** *) Urtheile mit Schwierigkeiten verbunden ist, eine bleyerne Röhre in der Gestalt eines Schraubenganges um die Spindel zu führen, so ist es mehr gewöhnlich, ein Gefäß nach Art einer Tonne zu erbauen, und in selbigem die Schnecke mit Schaufeln ungefähr wie eine Windeltreppe zuzurichten. Bey a und b werden Zapfen angebracht, wovon der untere im Wasser steht, so daß Alles um die Achse a b frey umgedreht werden kann. Uebrigens kann eine solche Einrichtung durch Menschen, oder vermittelst Rad und Getriebe durch Pferde, oder andere angebrachte Kraft in Umlauf gebracht werden. In Holland gebraucht man die Schnecken häufig zur Austrocknung der Wiesen, und man nennt sie daselbst **Tonnenmühlen**. Die Höhe, auf welche die Schnecken das Wasser heben, ist geringe; daher müssen mehrere über einander geordnet werden, wenn das Wasser auf eine beträchtliche Höhe gehoben werden soll. Sonst können auch um ein und dieselbe Spindel zwey auch wohl drey Röhren geführt werden, worauf sich die Eintheilung in **einfache, doppelte, dreyfache Wasserschnecken** gründet.

*) Theatr. machinar. hydraul. P. I. cap. IV. §. 67.

Die Theorie der Wasserschrauben ist mit Schwierigkeiten verknüpft. Daniel Bernoulli [α]) und Pitot [β]) fingen an, sie genauer zu entwickeln. Auch Euler [γ]) suchte eine Theorie davon zu geben, vollendete sie aber nicht, sondern erklärte vielmehr daß sie schwierig sey. Dieß gab der Berliner Akademie die Veranlassung, einen Preis im Jahre 1766 auf die beste Theorie auszusetzen, welchen Herr Hennert [δ]) erhielt. Auch hat Bellogradi [ε]) eine Theorie von der Wasserschraube gegeben. Wegen die von Hennert entworfene Theorie hat Herr Karsten gegründete Einwendungen gemacht, und geurtheilt, daß man am Ende mit Bernoulli's und Pitot's Theorie in der Ausübung zufrieden seyn könne.

Wenn die Schnecke Wasser heben soll, so muß der Neigungewinkel ihrer Grundfläche gegen den Horizont größer als der Winkel der Schraubenlinie mit dem Umfange der Grundfläche, d. h., es muß $acd > eca$ seyn. Vitruv [ζ]) setzt den Winkel $eca = 45°$, und gibt die Schiefe der Spindel so groß, daß sie mit der Wasserfläche und dem Bleylothe ein rechtwinkeliges Dreyeck bildet, dessen Seiten sich wie 5, 4, 3 verhalten, woraus sich $acd = 53° 7'$ ergibt. Nach Bernoulli nimmt man an, die ganze Grundfläche ac stehe nicht unter Wasser, in welchem Falle die Röhre nicht ununterbrochen schöpft, und auch nicht so ausgießt, sondern nur dann, wenn die Oeffnung f in der untersten Stelle ihres Umlaufs ist. Dagegen nehmen Euler und Hennert bey ihrer Theorie an, daß die Grundfläche der Schraube ganz unter Wasser stehen sollte, in welchem Falle ihrer Meinung nach das Wasser ununterbrochen durch die Röhre fließen, folglich diese Einrich-

α) Hydrodynam. sec IX. p. 183 sqq.

β) Theorie de la vis d'Archimede avec le calcul de l'effet de cette machine; in den mémoir. de Paris 1736.

γ) Nov. comment. Petrop. Tom. V. p. 259 sqq.

δ) Diss. sur la vis d'Archimede, qui a remporté le prix de l'Acad. de Berlin 1766.

ε) Theoria cochleae Archimedis ab obseruationibus et experimentis et analyticis rationibus ducta. Parma 1767.

ζ) De architect. Lib. X. cap. 11.

Einrichtung die vortheilhafteste seyn werde. Allein **Karsten** findet bey seinen Untersuchungen nicht nur viel Fehlerhaftes in Hennert's Rechnungen, sondern bemerkt auch, es scheine natürlich, daß nicht so vieles Wasser bey jedem Umlaufe aus einem Schraubengange in den andern übergehen könne, wenn Luft und Wasser einander ausweichen müssen, als in dem Falle, wenn die Grundfläche nicht ganz unter Wasser stehe, und folglich die Luft, welche die obern Theile der Gänge fülle, alle Mahl durch die untere Mündung eintreten könne.

M. s. **Karsten** Lehrbegriff der gesammten Mathematik, Th. VI. Greifsw. 1771 8. Abschn. XXXVI. XXXVII.

Wasserstoff, wasserzeugender Stoff, Hydrogen (principium hydrogeneticum s. hydroticum, hydrogéne, principe hydrogéne). In dem neuern chemischen System wird mit diesem Ausdrucke ein Grundstoff des Wassers bezeichnet, welcher zugleich die Grundlage des brennbaren Gas ausmacht. Den unter dem Artikel: **Wasser**, angeführten Versuchen zu Folge besteht das Wasser aus den beyden wägbaren Grundlagen des Sauerstoffgas und des brennbaren Gas. Die erste Grundlage, welche dem Sauerstoffgas zugehört, ist der **Sauerstoff** (oxygéne), und die andere hat von dem griechischen Worte ὕδωρ und γείνομαι, den Nahmen **Hydrogen** erhalten, welcher durch Wasserzeugend wörtlich übersetzt ist.

In den neuesten Zeiten hat zwar die Zersetzung des Wassers durch die sinnreiche Volta'sche Batterie vieles für sich, gleichwohl wird aber noch viel darüber gestritten, und in dieser Rücksicht bleibt auch der angenommene Wasserstoff bloß hypothetisch. So viel ist gewiß, daß das brennbare Gas einen wägbaren Grundtheil enthält, welcher bey den Versuchen über die Zersetzung des Wassers mitwirkt; ob aber diese Grundlage einen Bestandtheil des Wassers ausmache, ist bis jetzt noch nicht völlig entschieden.

Diejenigen, welche die Zersetzung des Wassers wirklich annehmen, behaupten, daß der Wasserstoff sehr allgemein in der Natur verbreitet sey, ob er gleich wegen seiner großen

Verwandtschaft mit dem Wärmestoffe nicht für sich dargestellt werden kann, sondern beständig in Gasgestalt erscheint. Auch zu dem Sauerstoffe hat der Wasserstoff eine große Verwandtschaft, welche bey höhern Temperaturen noch größer ist, als die zum Wärmestoffe. Daher verbindet er sich alsdann mit dem Sauerstoffe, wenn er mit selbigem in Berührung kommt, zu Wasser, welches aus $\frac{3}{20}$ Wasserstoff und $\frac{17}{20}$ Sauerstoff besteht.

Mit dem Stickstoffe bildet der Wasserstoff das Ammoniak, mit dem Schwefel, der Kohle und dem Phosphor im gasförmigen Zustande das schwefelhaltige, das kohlenstoffhaltige und das phosphorhaltige Wasserstoffgas. In der Zusammensetzung der thierischen und vegetabilischen Körper macht der Wasserstoff einen besondern Bestandtheil aus, und mit dem Kohlenstoffe insbesondere bildet er die flüchtigen und festen Oehle, und macht die Grundlage einiger thierischen und vegetabilischen Säuren aus.

Gegen das neuere System hat man den Einwurf gemacht, daß das Wasser, welches doch so viel Sauerstoff als Bestandtheil enthalte, nicht sauer schmecke. Dagegen antwortet man aber, daß der Sauerstoff selbst nicht sauer sey, er erzeuge nur Säure in säurefähigen Grundlagen, und unter diese gehöre der Wasserstoff nicht. Darauf erwiederte man aber wieder, es lasse sich nicht ohne Schwierigkeit begreifen, wie eine einfache Substanz, die nicht sauer mache, Stoffe, welche es nicht sind, säuren, andere hingegen ungesäuert lassen könne. Man setze hier den Grund der Verwandtschaft, mithin die Ursache des Sauer- und Nichtsauerwerdens offenbar in die Grundlagen, und dennoch solle das alleinige Princip aller Säuren außer den Grundlagen in dem Sauerstoffe enthalten seyn. Allein meiner Meinung nach läßt es sich gar wohl begreifen, daß der Sauerstoff in Verbindung mit einigen Stoffen Säure, mit andern aber keine erzeuge. Denn es ist eine ausgemachte Wahrheit, daß Stoffe in der chemischen Verbindung ganz andere Eigenschaften annehmen, als sie für sich haben; dabey würde es aber fehlerhaft seyn, den Grund der Säureerzeugung allein in dem Sauerstoff zu setzen, indem, wie

wie bekannt, diejenigen Stoffe, welche sich chemisch mit einander verbinden, allemahl gegenseitig in einander wirken, mithin der Grund der Säureerzeugung in beyden Subsianzen gesucht werden muß.

M. s. Girtanner Anfangsgründe der antiphlogistischen Chemie. Berlin 1795. 8. Cap 11.

Wasserstoffgas s. **Gas, brennbares.**

Wasserwage, Horizontalwage, Bleywage, Schrot-Setzwage (libella, libra aquaria, niveau). Hierunter versteht man ein Instrument, vermittelst welchem eine Horizontallinie angegeben und nöthigen Falls auf eine große Entfernung verlängert werden kann. Die gemeinsten Arten der Wasserwagen sind die genugsam bekannten Setz- oder Schrotwagen der Handwerksleute. An diesen ist nähmlich ein Bleyloth so angebracht, daß es auf einen gewissen bezeichneten Punkt einspielt, wenn es gegen die Grundfläche des Instruments lothrecht gerichtet ist. In dieser Lage muß alsdann die Grundfläche desselben horizontal seyn, und eine jede in selbiger gezogene gerade Linie ist eine Horizontallinie. Dergleichen Setzwagen gibt **Leupold** *) mehrere an.

Es gibt aber andere Arten von Wasserwagen, deren gewöhnlichste **Leupold** beschreibt. Die eigentlich so genannte **Wasserwage** hat gewöhnlich folgende Einrichtung: eine metallene Röhre, deren beyde Enden offen sind, werden unter rechten Winkeln umgebogen; in ein jedes offene Ende wird eine 3 bis 4 Zoll lange Glasröhre eingekittet, so daß beyde Glasröhren mit der metallenen communicirende Röhren bilden. Durch die eine Röhre wird so viel gefärbtes Wasser eingefüllt, daß selbiges auch in die andere treten kann. Steht nun dieß Wasser ruhig, so müssen sich die Flächen desselben in beyden Röhren in einerley wagrechten Ebene befinden. M. s. **Röhren, communicirende.** Diese Einrichtung läßt sich nun auf ein Stativ bringen, auf welchem Punkte bestimmt sind, durch welche eine mit der Visirlinie

*) Theatr. stat. univ. P. IV. s. theatr. horizontastat. Leipz. 1726 Fol. Tab. I. et II.

oder Achse des Fernrohrs parallele Linie läuft. Stehen nun die beyden Wasserflächen in den Röhren an den bezeichneten Punkten selbst, oder auch nur gleich weit unter oder über von denselben entfernt, so ist die Visirlinie der Ebene durch beyde Wasserflächen parallel, folglich horizontal.

Eine andere Einrichtung der eigentlichen Wasserwagen ist die **Wasserwage mit der Luftblase.** Sie besteht aus einer gläsernen cylindrischen Röhre, welche mit gefärbtem Wasser so angefüllt wird, daß nur noch ein kleiner Raum, der Luft enthält, übrig bleibt; sonst ist die Röhre an beyden Enden zugeschmolzen. Die zurückgelassene Luftblase wird in dieser Röhre jeder Zeit die höchste Stelle einnehmen, mithin bey schiefer Lage nach dem höhern Theile der Röhre zu gehen, bey horizontaler Lage aber in der Mitte von beyden Enden der Röhre gleich weit entfernt stehen bleiben. Wird nun die Mitte der Röhre mit einem Merkmahle bezeichnet, so wird ihre Achse horizontal, wenn die Blase bey diesem Merkmahle steht. Auch lassen einige, um das Reiben der Luftblase zu verhüthen, den Raum der Blase luftleer.

Bey andern Einrichtungen der eigentlichen Wasserwagen schwimmen Dioptern oder Fernröhre auf der Oberfläche einer flüssigen Materie. Dergleichen Dioptern hat schon **de la Hire** [α]) vorgeschlagen, wozu man die Vorrichtung beym **Picard** und **Leupold** findet. Auch gibt **Leupold** [β]) noch eine Einrichtung von eigener Erfindung, und ein Fernrohr nach **Sturm**, welches auf kleinen Kähnen so schwimmt, daß seine Achse mit der Wasserfläche parallel ist. In der Anwendung sind aber dergleichen Vorschläge wegen der großen Beweglichkeit des Wassers unbrauchbar.

Statt des Wassers hat **Keith**, Mitglied der königlichen Gesellschaft zu **Edinburgh** [γ]), Quecksilber gewählt, und eine brauchbare Einrichtung unter dem Nahmen einer **Quecksilberwage** angegeben. Es besteht selbige aus einem Käst-

chen

α) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris 1704.
β) A. a. O. Tab. VII. fig. 9. 14. 15.
γ) Transact. of the roy. society of Edinb. Vol. II. 1790.

chen 12 bis 18 Zoll lang und 2 bis 3 Zoll breit, aus festem Holze gemacht. An beyden Enden befinden sich quadratförmige Fächer mehr tief als breit, und durch einen engen Canal, welcher unmittelbar auf den Boden der Fächer ausgeht, mit einander verbunden. Der mittlere Theil des Kästchens besitzt einen Deckel, und dient die Diopteren und das Fläschchen mit Quecksilber, wenn es nicht gebraucht wird, aufzunehmen. Die Diopteren sind von Messing, wovon eine jede auf einen hölzernen oder elfenbeinernen Würfel aufgeschroben wird. Diese Würfel passen in die Fächerchen, und haben nur so viel Spielraum, daß sie sich auf und nieder bewegen können. Wenn man nun in das eine Fach so viel Quecksilber, als nöthig ist, gießt, so dringt es durch den Communicationscanal auch in das andere, stellt sich in beyden wagrecht, und auf beyden Flächen schwimmen alsdann die Diopteren. Im Schwerpunkte des Kästchens ist eine horizontale Achse, welche in eine Gabel paßt, die mit einem Stativ in Verbindung gebracht werden kann.

Diese beschriebenen Wasserwagen kann der Physiker, der sich derselben bloß zur wagrechten Stellung seiner Werkzeuge bedient, größten Theils gebrauchen. Der wagrechte Stand einer Ebene wird geprüft, wenn man die Wage nach zwey verschiedenen Richtungen auflegt, welche sich ungefähr rechtwinkelig durchschneiden. Finden sich hierbey die beyden Richtungslinien horizontal, so ist auch die Ebene horizontal. Dieses doppelte Auflegen verhindert man durch folgende Wasserwage, welche Herr *Mayer* *) beschreibt. Ein cylindrisches Gefäß (fig. 30.) ist mit einem Glasdeckel abd versehen, und wird ganz mit Wasser oder Weingeist angefüllt, und mit dem Deckel fest verschlossen. Durch den Boden geht ein kleines Schräubchen e, welches man öffnen, ein kleines Tröpfchen Wasser aus dem Gefäße herauslassen und die Oeffnung wieder verschließen kann. An die Stelle des ausgelassenen Wassers wird sich unter dem Deckel ein Bläschen zeigen. Wenn alsdann dieser Deckel genau wagrecht liegt,

und

*) Gründl. und ausführl. Unterricht zur praktisch. Geometrie. Th. I.

und mit der Grundfläche des Gefäßes parallel ist, so wird das Bläschen c gerade in der Mitte unter dem Deckel seyn. Bey einer jeden andern gegen den Horizont geneigten Lage wird das Bläschen nicht in der Mitte unter dem Deckel bleiben. In einem solchen Falle muß man das Gefäß so lange wenden, bis die Glasfläche des Deckels die horizontale Lage erhält. Das Gefäß selbst wird von Messing verfertigt, dessen Höhe und Weite ungefähr $1\frac{1}{2}$ Zoll betragen. Die vortheilhafteste Größe des Bläschens muß durch Versuche bestimmt werden.

Beym Gebrauche des wirklichen Wasserwägens oder Nivellirens müssen die Wasserwagen größer, genauer, mit Fernröhren und Mikrometern versehen seyn. Eine solche beschreibt schon Picard α). Sie besteht nähmlich aus einer gemeinen Setzwage, welche mit Dioptern so versehen ist, daß das Bleyloth, wenn es auf das gehörige Zeichen einspielt, senkrecht auf der Visirlinie der Dioptern steht. Auf solche Art kann man durch die Dioptern weit hinaus visiren, und zugleich überzeugt seyn, daß die Punkte, auf welche man trifft, in der verlängerten Horizontallinie durchs Auge liegen. Auch pflegt man wohl wegen größerer Vollkommenheit statt der Dioptern ein Fernrohr anzubringen, wobey aber die Einrichtung so gemacht werden muß, daß das Bleyloth, wenn es den bezeichneten Punkt trifft, mit der erwähnten Achse genau rechte Winkel macht. Andere zum Gebrauche beym Nivelliren eingerichtete Wasserwagen beschreiben auch Eckström β), Lambert γ) und andere.

Wasserwägen, Nivelliren (libellatio, nivellement). Wenn ein Ort auf der Erdfläche niedriger als ein anderer davon entfernter liegt, so nennt man alsdann die senkrechte Tiefe, um welche der erste Ort niedriger als der

andere

α) Traité du nivellement à Paris 1684. 1724. 12. übers. von Passawant; des Herrn Picard's Abhandlung vom Wasserwägen. Berlin 17[illegible]9. und mit neuen Beyträgen von Lambert 1770. 8.

β) Schwedische Abhandl. für 1743. B. V. S. 144.

γ) Anmerk. über die Branderischen Mikrometer vom Glase. Augsb. 1769. 8.

andere liegt, das Gefälle von dem einen Orte bis zum andern. Wenn man dieses Gefälle des einen Orts zum andern durch wirkliche Ausmessungen zu bestimmen sucht, so sagt man, daß man nivellire oder wasserwäge, weil dieses Verfahren gewöhnlich bey Untersuchung des Gefälles der Flüsse oder Bäche, oder auch bey Anlegungen künstlicher Wasserleitungen gebraucht wird. Zu dieser Absicht werden nun die im vorigen Artikel beschriebenen Wasserwagen gebraucht. Außer den Wasserwagen sind beym wirklichen Wasserwägen Stangen nöthig, welche also eingerichtet sind, daß an selbigen eine Tafel auf- und niedergeschoben werden kann. Die Tafel selbst wird schwarz angestrichen, und in der Mitte ein weißer Kreis oder auch statt dessen ein Paar weiße Streifen, welche sich in der Mitte senkrecht schneiden, gezeichnet, damit man desto besser in der Entfernung die Mitte der Tafel genau sehen könne. Gesetzt nun, die Nivellirwage befinde sich in der Stelle (fig. 31.) f, und i g sey eine Stange mit der Tafel, in deren Mitte der horizontalen Gesichtslinie i g fällt, so kann man nun f d und g i messen, und das Gefälle h i = g i — f d finden. Wäre a b noch eine andere Stange mit der Tafel in der Station b, so kann man die Nivellirwage zwischen beyden Stationen b und i stellen, und die Tafel an der Stange a b durch einen Gehülfen so lange auf- und abschieben lassen, bis die Mitte derselben in den Gesichtsstrahl g a fällt; alsdann ist das Gefälle des Orts i von dem Orte b = g i — a b. Wenn auf diese Art von Station zu Station mit dem Nivellement fortgefahren wird, so findet man dadurch das ganze Gefälle zweyer von einander entlegenen Oerter. Wäre jedoch die Entfernung beyder Oerter sehr groß, so müßte man alsdann auch noch von dem also gefundenen Gefälle die Senkung des wahren Horizonts unter den scheinbaren abziehen, und eben diese Berichtigung ist besonders für den Physiker merkwürdig.

Wenn nähmlich von dem Orte (fig. 32.) d aus auf eine große Entfernung d l visirt wird, die einen beträchtlichen Theil der Erdfläche in sich begreift, so gibt die Wasserwage eine

eine scheinbare horizontale Linie dl an, da doch die wahre Horizontallinie einen Bogen dm eines größten Kreises auf der Oberfläche der Erdkugel ausmacht. Die erstere trifft an der lothrechten Höhe ml einen zu hoch liegenden Punkt l, und gibt demnach das Gefälle von d bis m um die Linie ml zu groß. Um nun die Größe ml zu bestimmen, muß die Entfernung dm entweder im Längenmaße, oder im Bogen als Maß des Winkels dcm gegeben seyn. Im erstern Falle wird man ohne merklichen Fehler $dl = dm$ annehmen können, weil doch nie über $7\frac{1}{2}$ Meile oder $\frac{1}{2}$ Grad weit visirt wird, mithin der Winkel c immer kleiner als $\frac{1}{2}$ Grad ist, in welchem Falle der Bogen dm von seiner Tangente dl nicht merklich verschieden ist. Man hat alsdann

$$lm = \sqrt{(dl^2 + dc^2)} - dc.$$

Da nun dl allemahl in Vergleichung mit dem Halbmesser dc sehr klein bleibt, so läßt sich ohne merklichen Fehler die Quadratwurzel aus $dl^2 + dc^2 = dc + \frac{dl^2}{2dc}$ setzen, und wenn hiervon dc abgezogen wird, so erhält man

$$ml = \frac{dl^2}{2 \cdot dc}.$$

Wenn nach Picard der Erddurchmesser oder $2dc = 39231564$ Pariser Fuß angenommen, und dl ebenfalls in Pariser Fußen ausgedrückt wird, so findet sich hieraus

$$ml = 0{,}0000000254\,8 \cdot dl^2.$$

Ex. Es sey $dl = 4000$ Toisen oder 24000 Pariser Fuß, mithin $dl^2 = 576000000$, so wird $ml = 0{,}02548 \cdot 576 = 14{,}682$ Fuß.

Wenn hingegen dl im Bogen eines größten Kreises der Erdkugel gegeben ist, so ist

$$ml = (\text{seca}.\ dcm - 1)\ dc.$$

Hieraus ist es begreiflich, wie sich Tabellen für diese Berichtigung auf jede Entfernung berechnen lassen, dergleichen sich beym Picard, Böhm, Cassini *) u. s. finden.

Wasser-

*) Von der Figur und Größe der Erdkugel, a. d. Fr. von Klimm. Leipz. 1741. 8.

Wasserziehen der Sonne (virgae, columellae, verges). Wenn die Sonne zwischen ein Paar dichten Wolken durchscheint, und dadurch in gewissen Luftstrichen die darin schwebenden Theile erleuchtet, indem die angränzenden Striche dunkel bleiben, so erscheinen dem Auge die erleuchteten Striche als helle Streifen auf einem dunkeln Grunde, und man sagt, die Sonne ziehe Wasser. Diese Erscheinung, welche am gewöhnlichsten zu der Zeit, da die Sonne früh und Abends nicht hoch und unter getrennten Wolken steht, wahrgenommen wird, hält man für ein Zeichen eines bevorstehenden Regens, welches zwar meisten Theils, aber doch auch nicht allemahl erfolgt. Das ganze Phänomen wird unter die optischen Meteore gezählt. Die hellen Streifen, welche das Auge wahrnimmt, sind eigentlich unter sich parallel, weil alle Sonnenstrahlen durch die Atmosphäre in parallelen Richtungen hindurchgehen; allein dem Auge erscheinen sie nicht parallel, sondern scheinen alle aus dem Bilde der Sonne, wie Halbmesser eines Kreises aus dem Mittelpunkte, auszugehen. Die Ursache davon gibt die Perspektive an; diese zeigt, daß sich die Bilder paralleler Linien als convergirend darstellen, wenn die durchsichtige Tafel mit den Linien nicht parallel geht. Daher kommt es auch, daß die hellen Streifen von der Sonne ab breiter zu werden scheinen, ob sie gleich durchaus einerley Breite behalten. **Lambert** *) erklärt hieraus, daß uns die Wolken näher zu seyn scheinen, als sie wirklich sind. Denn wenn (fig. 33.) a die Stelle des Auges ist, welches den hellen Streifen ca zwischen den Wolken c durchgehen sieht, so muß die wahre Richtung des Streifens mit der Linie nach der Sonne, d. i., mit af parallel, also bd seyn, und die wahre Stelle der Wolken ist nicht in c, sondern fällt in der Gesichtslinie ac viel weiter hinaus in d.

Weich (molle, mol, mou). Man nennt einen Körper weich, welcher durch Einwirkung äußerer Kräfte auf ihn

*) Beyträge zum Gebrauch der Mathematik. Th. I. Berlin 1765. 8. S. 19 f.

ihn seine Form, d. i., die Lage seiner Theile gegen einander ändert, und auch diese geänderte Form behält, wenn die äußern Kräfte auf ihn zu wirken aufhören. Dem Ausdrucke **weich** ist der Ausdruck **hart** entgegengesetzt. M. s. **Hart.**

Wein (Vinum, vin). Mit diesem Nahmen bezeichnet man im allgemeinen Sinne alle schleimig-zuckerartige Stoffe des Pflanzenreichs, welche durch den ersten Grad der Gährung, den man Weingährung nennt, geistig geworden sind, wie z. B. Bier, Cider, Meth u. dgl. M. s. **Gährung.** In einer engern und eigentlichen Bedeutung versteht man aber unter dem Ausdrucke **Wein** nur diejenigen geistigen Liquoren, die durch die Gährung aus dem Traubensafte oder dem Moste entstanden sind. M. s. **Gährung** (Th. II. S. 581. 582).

Wenn der erste Grad der Weingährung zu früh unterbrochen wird, so bleibt alsdann eine große Menge von gährungsfähigen Theilen im Weine zurück, welche nachher bey irgend einer gegebenen Gelegenheit leicht zu einer neuen Gährung Anlaß geben, den Wein trüben, wieder brausend machen, und auch wohl zuletzt ganz verderben. Manchmahl unterbricht man aber jene Gährung mit Vorsatz, um den Weinen die schäumende Eigenschaft zu geben, oder sie zu **moussirenden** Weinen zu machen, wie der Champagnerwein ist. Dergleichen Weine müssen in starken Bouteillen vor dem Zugange der freyen Luft aufbewahrt werden. Sie werfen mit Gewalt die Stöpsel aus den Flaschen, perlen, verwandeln sich beym Eingießen in die Gläser in einen weißen Schaum, und haben einen lebhaftern und stechendern Geschmack und Geruch, als die nicht schäumenden Weine. Diese Wirkung rührt von dem noch nicht in der gehörigen Menge ausgeschiedenen, und darin zurückgehaltenen kohlensauren Gas her, welches mit Heftigkeit austritt, so bald der Wein die freye Luft berührt.

Das Geistige, welches sich in der Gährung erzeugt, hemmt, wenn eine gehörige Menge davon erzeugt ist, die Gährung des noch übrigen Zuckerstoffs. Wenn also der Most einen

einen Ueberfluß an dem Zuckerstoffe besitzt, und wenig Wässeriges enthält, so entstehen durch die Gährung süße Weine. Diese Weine sind eigentlich solchen Ländern eigen, die unter einem vorzüglich warmen Himmelsstriche liegen. Allein man kann auch die Weine dadurch versüßen, daß man die Weintrauben austrocknen läßt, ehe noch der Most ausgepreßt wird, indem dabey das Wässerige ausdunstet, und der zurückgebliebene Zuckerstoff mehr concentrirt wird; dergleichen Weine nennt man Sect (vino secco der Italiäner). Auch kocht man wohl an verschiedenen Orten wie in Spanien, den von den erst gelesenen Trauben ausgepreßten Saft so weit ein, bis er eine Syrupsdicke erlangt hat, vermischt ihn sodann mit der Hälfte oder $\frac{2}{3}$ des ungekochten Mostes, und läßt ihn so gähren; die auf solche Art erhaltenen Weine, wie z. B. der Mallagawein, heißen gesottene Weine (vina cocta).

Weil der zuckerartige Bestandtheil die eigentliche Substanz der geistigen Gährung ist, da der Wein desto besser wird, je süßer der Most ist; so ist unstreitig ein Zusatz von Zucker zum Moste das natürlichste und beste Mittel, aus schlechtem Moste und bey nicht guten Jahren einen guten Wein hervorzubringen, und so die geringen Landweine zu veredlen, wie Macquer durch Gründe und Erfahrungen gewiesen hat. Trübe gewordene Weine kläret man durch Umrühren mit gekochter Hausenblase oder Eyweiß ab; und blasse Weine schönt man durch Zusatz von etwas gebranntem Zucker.

Wenn die erste so genannte Weingährung zu lange gedauert hat, so hat auch schon der Wein eine gewisse Neigung zur Säurung erhalten, welche auch unmerklich bis zur völligen Säurung fortgeht. Solche sauer gewordene Weine lassen sich durch Zusetzung mit Glätte oder Bleykalk wieder versüßen, indem diese Bleykalke die Essigsäure an sich nehmen, und mit ihr einen angenehm schmeckenden Bleyzucker bilden. Die Wirkungen hiervon sind aber dem menschlichen Körper höchst schädlich und selbst tödtlich, so daß also solche Mischungen die gerechteste Strafe verdienen. Gegen das Ende des

siebenzehnten Jahrhunderts entstand im Wirtembergischen und andern herumliegenden Gegenden hieraus die so genannte Weinkrankheit, welche zu den ersten gesetzlichen Verordnungen über diesen Gegenstand Anlaß gab *).

Am sichersten erkennt man, ob ein Wein durch Bleyzusätze verfälscht ist, wenn man eine beträchtliche Menge davon bis zur Trockniß abdampft, und den Rückstand in einem Schmelztiegel schmelzt, da sich dann das reducirte Bleykorn auf dem Boden findet. Leichtere und geschwindere Prüfungen geschehen durch flüssige Schwefellebern, z. B. durch die wirtembergische Weinprobe (liquor vini probatorius) aus 1 Theile Operment und 2 Theilen ungelöschten Kalk in 12 Theilen destillirten Wasser in der Wärme digerirt. Wenn man von diesem Liquor etwa 30 Tropfen in ein Spitzglas voll Wein tröpfelt, so entsteht, wenn der Wein rein ist, ein leichter blaßgelber Niederschlag; derjenige aber, der metallische Theile enthält, erhält dadurch eine braune oder schwarze Farbe. Weil aber diese Farbe nicht nothwendig die Gegenwart des Bleyes anzeigt, sondern der Metallgehalt auch aus Eisen bestehen, folglich nicht schädlich seyn kann, so muß die Beschaffenheit des entdeckten Metalls noch weiter geprüft werden. Die Blutlauge schlägt aus den Weinen alle Metalle mit eigenen Farben nieder, allein es ist schwer, sie selbst rein und ohne allen Eisengehalt zu erhalten. Herr Hahnemann β) hat daher eine Weinprobe angegeben, welche reinen oder bloß eisenhaltigen Wein gar nicht ändert, Bley und Kupfer aber braun oder schwarz fällt, und welche aus calcinirten Austerschalen, Schwefel und Weinsteinrahm zubereitet wird.

M. s. Macquer chemis. Wörterbuch durch Leonhardi, Art. Wein. Gren systemat. Handbuch der gesammten Chemie, Th. II. 1794. 8. §. 1796 f. Th. III. §. 2571.

Wein-

α) Gockel's Beschreibung des durch Silberglätte versüßten sauren Weins, und der daher von 1694—1696. entstandenen, vormahls unerhörten Weinkrankheit. Ulm 1697. 8.

β) In Crell's Annal. 1788. St. 4.

Weingeist, brennbarer Geist, Alkohol (spiritus vini, spiritus ardens, inflammabilis, alcohol, esprit du vin, esprit ardent) heißt derjenige flüchtige, stark riechende und schmeckende, farbenlose und entzündliche liquor, welcher durch gelinde Destillation aus dem Weine oder andern flüssigen Substanzen gewonnen wird. Dieser liquor ist sehr berauschend, verbindet sich in jedem Verhältnisse mit dem Wasser und besitzt alle Eigenschaften eines Geistes. M. s. Geist. Auf seiner Oberfläche entzündet er sich leicht, ohne dazu eine Erhitzung durch Docht nöthig zu haben, und brennt mit einer schwachen am Rande bläulichen Flamme ohne Rauch und Ruß, und wird dadurch bis auf etwas weniges Wasser gänzlich verzehrt.

Alle gegohrne weinartige Getränke geben bey der Destillation diesen brennbaren Geist, und zwar immer um desto mehr, je besser sie sind, z. B. aus Weintrestern der Franzbranntwein, aus Getreide der Kornbranntwein, aus Reiß der Arak, aus dem Safte des Zuckerrohrs der Rum u. s. f. Der gewöhnlich zubereitete Branntwein (vinum adustum) hat noch viel wässeriges, auch wohl saure und brenzliche Theile bey sich; man kann ihn aber durch wiederhohlte Destillationen zu einem ziemlich wasserfreyen Weingeist concentriren, und alsdann nennt man ihn **Alkohol.**

Dieser reine Weingeist ist leichter als Wasser. Sein specifisches Gewicht beträgt nach **Musschenbroek** 0,815, nach **Bergmann** 0,82. Bey der Verdunstung bewirkt er eine ansehnliche Kälte, und siedet bey einer geringern Hitze als das Wasser, nähmlich bey 165° Fahrenh. Dieß ist auch der Grund, warum er sich durch gelinde Destillation entwässern läßt. Bey der Destillation gibt er eigene, gleichsam fett aussehende Streifen in der Vorlage. Mit dem Wasser vermischt erzeugt er Wärme, und beyde nehmen nach der Vermischung einen etwas kleinern Raum ein, als sie der Summe ihrer einzelnen Räume nach einnehmen sollten. Die größte Verminderung des Raums nähmlich $\frac{1}{32}$ derselben, findet bey gleichen Massen Alkohol und Wasser, die kleinste

 bey

bey einem Theile des erstern und zwey Theilen des letztern Statt. Der Alkohol gefriert nicht in den uns bekannten Graden der Kälte. Gleiche Theile Alkohol und Wasser gefrieren erst bey 6 Grad unter Null nach Fahrenh.

Der Weingeist ist weiter keiner Gährung fähig, und keinem Verderben ausgesetzt. Dieserwegen und weil er gegen alles Wässerige einen großen Hang hat, auch die Luft abhält, dient er vorzüglich, die Fäulniß organisirter Körper abzuhalten. Ist er im Wein in hinreichender Menge entstanden, so hindert er den Fortgang der Weingährung und die weitere Zersetzung des Zuckerstoffs in den süßen Weinen.

Auf die reinen Erden und Metalle zeigt der Alkohol keine sonderliche Wirkung; auch löset er eine große Anzahl von Neutral- und Mittelsalzen nicht auf; dagegen liefert er mit den Säuren, Alkalien, vielen öhligen Substanzen und einigen Mittelsalzen besondere Eigenschaften. Für die Harze ist der Weingeist das eigentlichste Auflösungsmittel; aus den Gummiharzen zieht er nur die harzigen Theile aus. Indessen lösen sich einige Harze schwer, oder gar nicht im Weingeiste auf, und diese scheinen mehr verhärtete fette Oehle, als wahre Harze zu seyn. Die natürlichen Balsame löset der Weingeist ebenfalls auf. Das Wasser schlägt die Harze aus dem Weingeiste als eine milchichte Gerinnung nieder.

Beyspiele von Auflösung der Harze im Weingeiste geben auch verschiedene Arten der Lackfirnisse, bey welchen überhaupt das Wesentlichste ist, daß die Harze in einer Flüssigkeit aufgelöset sind, welche beym Auftragen leicht verdunstet, und also dabey das Harz als einen durchsichtigen Ueberzug zurückläßt. Die mit Alkohol und Harzen gemachten Firnisse trocknen zwar sehr schnell und glänzen schön, allein sie sind doch sehr spröde, und bekommen leicht Risse, welches aber durch Zusatz von Terpenthin leicht verhüthet werden kann. Zu diesen Firnissen nimmt man den reinsten Alkohol, und klare, durchsichtige und harte Harze, als Mastix, Gummilack, Sandarac, Drachenblut, Elemiharz, Weihrauch. Der Copal löset sich im Weingeiste äußerst schwer auf; doch befördert

dert der Zusatz von Kampher, mit welchem man den Copal zusammengerieben, nach und nach unter beständigen Umrühren in den erwärmten und höchst entwässerten Alkohol trägt, die Auflösung darin; allein der Firniß verliert dadurch zugleich von seiner Güte *).

Den Weingeist verwendet man zur Ausziehung und Scheidung der harzigen Theile aus Pflanzentheilen und andern Stoffen. Diese geistigen Ausziehungen enthalten aber außer den Harztheilen auch noch ätherisch öhlige Theile, oder den zusammenziehenden Grundstoff, wenn diese Bestandtheile in den auszuziehenden Körpern gegenwärtig waren. Weingeist, mit dem man die in einem oder mehreren Körpern befindliche, in denselben auflösbare Theile ausgezogen hat, erhält den Nahmen einer Tinktur, Essenz, oder eines Elixirs, nach den verschiedenen Graden der Helligkeit, Durchsichtigkeit und Consistenz.

Die ätherischen Oehle der Pflanzen löset der Alkohol auf, jedoch einige eher, als andere, und in der Wärme mehr, als in der Kälte.

Weil der Weingeist das Wasser stark an sich zieht, so kann man durch ihn die gummi- und gallertartigen Substanzen, ingleichen die Salze, welche er nicht auflöset, z. B. Kochsalz, Glaubersalz, vitriolisirten Weinstein u. s. aus dem Wasser scheiden, und das Anschießen dieser Salze befördern, auch das Eyweiß und die thierische Lymphe zum Gerinnen bringen.

Was die Bestandtheile des Weingeistes betrifft, so lassen sich selbige am besten aus den Produkten seines Verbrennens beurtheilen und finden. Unternimmt man das Abbrennen des Weingeistes in einem eingeschlossenen Raume von atmosphärischer Luft, z. B. so, daß man denselben in einer auf dem Wasser einer Schüssel schwimmenden Schale abbrennt, und dann die Glocke darüber stürzt, so findet man,

*) Der Staffirmahler, oder die Kunst anzustreichen, zu vergolden und zu lackiren; a. d. Franz. von Watin. Leipz. 1779. 8. Macquer's chym. Wörterbuch. Artik. Firniß.

daß er, wie alle brennende Körper, die Lebensluft zersetzt, und das Stickgas übrig läßt. Sperrt man bey diesem Versuche die Luft, worin man den Weingeist verbrennt, mit Quecksilber, so ist die rückständige Luft nicht allein Stickgas, sondern auch mit kohlensaurem Gas beladen, und das Quecksilber, so wie das Inwendige der Glocke mit einer merklichen Menge Wasser bedeckt, auch wenn man den aufs höchste entwässerten Alkohol angewendet hat. Diese letzte Erscheinung nahmen schon der jüngere **Geoffroy**, **Boerhaave** und **Neumann** gewahr. **Lavoisier** *) entdeckte endlich, daß, wenn man das Verbrennen des Alkohols in einer solchen Vorrichtung unternehme, worin nichts von den Dämpfen des Weingeistes entweichen könne, man mehr Wasser enthalte, als man Weingeist dazu angewendet habe, und daß die Produkte des Verbrennens aus Weingeist und Lebensluft nichts weiter sind, als Wasser und Kohlensäure. Durch Berechnung aus seinen Versuchen findet er, daß 100 Theile Alkohol beym Verbrennen in Lebensluft 116,0816 Theile Wasser geben, und daß 100 Theile des höchst entwässerten Weingeistes zusammengesetzt sind aus nahe 28,530 Kohlenstoff, aus 7,873 Hydrogen und 63,597 wirklichem Wasser. Hiernach wären also die Bestandtheile des Alkohols Hydrogen, Oxygen und Kohlenstoff. Wenn daher Weingeist in Lebensluft verbrennt, so vereinigt sich nach dieser Theorie das Hydrogen des Weingeistes mit dem Sauerstoffe der Lebensluft, und bildet Wasser, welches nun zu dem schon in dem Weingeiste enthaltenen Wasser hinzukommt. Der Kohlenstoff des Weingeistes hingegen verbindet sich mit einem andern Theile des Sauerstoffs der Lebensluft zur Kohlensäure, die als kohlensaures Gas austritt. So sind also Wasser und kohlensaures Gas die einzigen Produkte des Verbrennens des Weingeistes. Andere, wie Herr **Gren**, setzen zu diesen Bestandtheilen des Weingeistes noch den Brennstoff hinzu.

Wenn

*) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris 1784. im Gothaisch. Magazin. B. III, St. 1. S. 71 u. f.

Wenn man Weingeist in eine gläserne Retorte gießt, an der Mündung derselben eine lange irdene glasirte Röhre ankittet, den mittleren Theil der Röhre durch glühende Kohlen gehen und glühen läßt, ihre Mündung aber unter dem Trichter der Wanne des chemisch-pnevmatischen Apparats bringt, und nun den Weingeist im Sandbade bis zum Kochen erhitzt, so erhält man in den Vorlagen eine sehr beträchtliche Menge brennbares Gas, das mit kohlensaurem Gas vermischt ist. Dieß sieht man als einen andern Beweis an, daß der Weingeist wirklich aus eben angeführten Bestandtheilen bestehe.

Die Wirkungen, welche die Salpetersäure auf den Weingeist zeigt, prüfte Bergmann [α]) zuerst genauer, und bewies, daß sich durch Behandlung des Weingeistes mit Salpetersäure wahre Sauerkleesäure scheiden lasse. Auch die Herren Westrumb [β]) und Hermbstädt [γ]) haben gezeigt, daß sich der Weingeist durch mindere Einwirkung der Weinsteinsäure in Salpetersaures verwandeln lasse. Herr Gren hält diese Sauerkleesäure für kein Edukt aus dem Weingeiste, wie anfänglich seine Meinung war, sondern sie ist erst dadurch erzeugt, daß die Salpetersäure dem Weingeiste einen Antheil seines Brennstoffs entzieht, und dagegen Sauerstoff überläßt, und mithin das Verhältniß seiner Bestandtheile so abändert, wie sie in der Sauerkleesäure sind.

Eigentliche Oehltheile, welche vormahls Barner und Westendorf durch wiederhohlte Destillation aus dem Weingeiste abgesondert erhalten haben wollten, lassen sich im reinsten Alkohol nicht finden.

M. s. Macquer chymisches Wörterbuch durch Leonhardi, Art. Weingeist. Gren systemat. Handbuch der gesammten Chemie, Th. II. Halle 1794. 8. §. 1817 f. Girtanner Anfangsgründe der antiphlogistischen Chemie. Berl. 1795. 8. S. 344 f.

α) Opusc. phys. chem. Vol. I. p. 253.
β) Chemische Versuche, die Entstehung der Zuckersäure betreffend, in seinen kleinen phys. chymisch. Abhandl. B. I. H. I. S. 3 ff.
γ) Phys. chemische Versuche, B. I. S. 205 f.

Weingeistthermometer s. Thermometer.

Weinprobe s. Wein.

Weinsteinsaures (Girtanner), Weinsteinsäure (Gren) acidum tartaricum s. tartari, acide tartareux) ist eine unvollkommene Säure, welche einen Bestandtheil des Weinsteins ausmacht. Sonst ist sie aber auch noch in einigen sauren Früchten, wie z. B. in den Tamarinden, in den Beeren des Berberbaums, enthalten.

Der Erfinder dieses Sauren ist Scheele, Retzius *) aber machte seine Bereitung zuerst bekannt. Man erhält es, wenn man gereinigten Weinstein im kochenden Wasser auflöset, und Kalkerde zusetzt, so lange, bis das Saure gesättigt ist. Die daher entstandene weinsteinsaure Kalkerde ist ein beynahe im Wasser nicht auflösbares Salz, welches auf den Grund der Flüssigkeit fällt, vorzüglich dann, wenn dieselbe erkaltet ist. Man gießt das Flüssige ab, wäscht den Niederschlag mit kaltem Wasser aus, und trocknet denselben; dann gießt man Schwefelsäure dazu, welche mit 8 bis 9 Mahl ihres Gewichtes mit Wasser verdünnt seyn muß. Diese Mischung läßt man 12 Stunden in einer gelinden Wärme digeriren, und schüttelt sie von Zeit zu Zeit. Die Schwefelsäure verbindet sich mit der Kalkerde, macht schwefelsaure Kalkerde, und das Weinsteinsaure ist frey. Während der Digestion entwickelt sich eine geringe Menge Gas. Nach 12 Stunden gießt man das Flüssige ab, und wäscht die schwefelsaure Kalkerde ab, um die letzten damit verbundenen Theile des Weinsteinsauren zu trennen. Alles dieß Wasser gießt man zusammen, filtrirt es, dampft es ab, und erhält auf diese Weise das Weinsteinsaure in blätterförmigen Krystallen, welche an der Luft beständig sind, in der Hitze aber zerletzt werden, und im Feuer verbrennen.

Nach dem neuen Systeme besteht das Weinsteinsaure aus Sauerstoff, Kohlenstoff und Wasserstoff, wozu noch einige Brennstoff setzen. Der Sauerstoff ist in diesem Sauren in geringerer Menge verbunden, als in der Sauerkleesäure. Setzt

*) Schwed. Abhandl. 1770. S. 207.

Setzt man daher selbigem Sauerstoff zu, so kann man dasselbe in Sauerkleesäure, Apfelsäure und in Essigsäure nach Gefallen umändern, wobey auch wahrscheinlich das Verhältniß des Kohlenstoffs zu dem Wasserstoffe verändert wird.

Mit den fixen Alkalien macht das Weinsteinsaure zwey Gattungen von Salzen, von verschiedenen Graden der Sättigung; 1) ein Mittelsalz mit Saurem übersättiget, die **säuerliche weinsteinsaure Pottasche** (**Weinsteinrahm**), 2) mit mehr Pottasche die wirkliche **weinsteinsaure Pottasche**. Mit der Soda gesättiget macht das Weinsteinsaure die **weinsteinsaure Soda**, oder das so genannte **Seignettesalz**.

Das brenzliche oder brandige Weinsteinsaure (acidum pyro-tartarosum, acide pyro-tartareux) ist eine schwache brenzliche Säure, welche man aus dem gereinigten Weinstein durch Destillation gewinnt. Man füllt mit weinsteinsaurer Pottasche, oder gepulvertem Weinstein eine gläserne Retorte an, und verbindet selbige mit einer gläsernen Vorlage, welche mit dem pnevmatischen Apparate verbunden ist; durch allmählich verstärktes Feuer erhält man eine brenzliche Säure mit etwas Oehl verbunden. Mittelst des Trichters scheidet man das Oehl von der Säure, und erhält so die Säure frey. Während der Destillation entwickelt sich eine Menge kohlensaures Gas.

M. s. Girtanner Anfangsgründe der antiphlogistischen Chemie. Berlin 1795. 8. S. 326. Gren Handbuch der gesammten Chemie, Th. II. Halle 1794. 8. §. 1020 ff.

Weite des Wurfs (amplitudo iactus, amplitude du jet, portée). Hiermit bezeichnet man die horizontale Entfernung (fig. 34.) ab, um welche sich ein durch adb geworfener Körper von dem Anfange des Wurfs a an zu dem Ende desselben b fortbewegt hat. M. s. **Wurf**. Wenn der Anfang des Wurfs in einerley Horizontallinie liegt, so ist die Weite des Wurfs eine Sehne der krummlinigen Bahn adb, welche der geworfene Körper durchläuft. Finge aber der Anfangspunkt des Wurfs in der Stelle d, lothrecht über

dem Punkt c der Horizontallinie ab an, und ginge bis b, so wäre die Weite des Wurfs cb.

In Ansehung des ersten Falles, da nähmlich der Anfangs- und Endpunkt der krummlinigen Bahn des geworfenen Körpers in einer Horizontallinie liegen, setze man die Geschwindigkeit, womit der Wurf in a beginnt, $=\gamma$, den Winkel, welchen die Richtung des Wurfs mit der Horizontallinie macht, $=\alpha$, so ist nach den unter dem Artikel: **Wurf**, erwiesenen Formeln, wo g den Fallraum in einer Sekunde andeutet,

$$ab = \frac{\gamma^2 \cdot \sin. 2\alpha}{2g},$$

daß sich mithin bey einer Stärke der anfänglichen Geschwindigkeit des Wurfs die Weite desselben, wie der Sinus des doppelten Neigungswinkels verhält.

Da nun der größt-mögliche Sinus, oder der Sinus totus dem rechten Winkel zugehört, so folgt, daß für jede gegebene Geschwindigkeit γ die Weite des Wurfs den größt-möglichen Werth $= \frac{\gamma^2}{2g}$ erhält, wenn der doppelte Neigungswinkel $= 90^\circ$ ist, mithin $\alpha = 45^\circ$. Schon Tartaglea kannte im Jahr 1547. den Satz, daß unter sonst übrigens gleichen Umständen der Wurf oder Schuß sam weitesten gehe, wenn der Winkel $\alpha = 45^\circ$ ist, ob man gleich damahls von der Wurfbewegung noch keine richtige Begriffe hatte.

Solche Winkel, die sich zu einander zu 90° ergänzen, geben unter einerley Umständen eine gleiche Weite des Wurfs, denn ihre doppelten machen mit einander 180°, und besitzen folglich einerley Sinus. So ist für $\alpha = 16^\circ$ und $\alpha = 74^\circ$, die Weite des Wurfs beyde Mahl $= \frac{\gamma^2}{4g}$, also halb so groß, als die größte Weite für $\alpha = 45^\circ$.

Wenn hingegen der Winkel α ungeändert bleibt, so verhält sich die Weite des Wurfs wie γ^2, oder wie das Quadrat der anfänglichen Geschwindigkeit, so daß der doppelt geschwin-

schwindere Wurf vier Mahl so weit geht u. s. w. Es lehren aber die Versuche dergleichen Robins mit Musketenkugeln und Hutton mit Kanonenkugeln angestellt hat, daß sich beym Pulvergeschütz die anfängliche Geschwindigkeit ziemlich genau wie die Quadratwurzeln aus der Pulvermenge verhalte; daraus folgt, daß bey gleichem Winkel, oder auch bey solchen Winkeln, welche sich zusammen zu 90° ergänzen, die horizontalen Schußweiten im Verhältnisse der Pulvermengen oder der Stärke der Ladung stehen, wenn der Widerstand des Mediums nicht mit in Betrachtung gezogen wird.

Was nun den andern Fall betrifft, da nähmlich der Wurf in d, lothrecht über c, anfängt, und der Körper mit der anfänglichen Geschwindigkeit δ in horizontaler Richtung angetrieben wird, so ist die Bahn db des geworfenen Körpers eine Parabel vom Parameter $\frac{\delta^2}{g}$, welche ihren Scheitel in d hat, wie ebenfalls die unter dem Artikel, Wurf, angeführten Formeln zeigen. Gesetzt, es wäre die Höhe dc über der Horizontallinie $ab = \beta$ so kann selbige als eine Abscisse der Parabel aus ihrem Scheitel betrachtet werden, wozu die senkrechte cb als Ordinate gehört. Daher ergibt sich auch aus der Gleichung der Parabel

$$cb^2 = \frac{\delta^2}{g} . \beta, \text{ und folglich}$$

die Weite des Wurfs $cb = \delta \sqrt{\frac{\beta}{g}}$.

Eine Anwendung hiervon läßt sich auf die Wasserstrahlen machen, welche aus Seitenöffnungen eines Gefäßes herausspringen. Die vielen Versuche, welche hierbey seit Galiläi's Zeiten sind angestellt worden, und die ich in meiner Geschichte der Physik (Th. I. Gött. 1801. B. II. Gött. 1802.) angeführt habe, ergeben, daß man annehmen könne, die Geschwindigkeit, womit das Wasser aus einer solchen Oeffnung hervordringe, sey diejenige, welche der Höhe des Wassers über der Oeffnung zugehört, oder welche ein Körper während

rend seines freyen Falls von derselben Höhe würde erreicht haben.

Man setze also (fig. 35.) abcd sey ein Gefäß mit Wasser angefüllt, und beständig voll erhalten. In der Seitenwand bc befinde sich eine kleine Oeffnung f, und das Gefäß stehe auf dem horizontalen Boden ae. Die senkrechte Höhe bf der Oeffnung über dem Boden sey $= \varepsilon$, und die Höhe des Wassers fc über der Oeffnung f im Gefäße $= \zeta$, so ist die ganze Höhe bc des Gefäßes $= \varepsilon + \zeta$. Nun wird das Wasser aus f mit einer Geschwindigkeit in horizontaler Richtung hervorspringen, welche der Höhe ζ zugehört, oder es wird $\delta^2 = 4g\zeta$ (m. s. Fall der Körper). Daraus ergibt sich also nach der vorigen Formel

$$be^2 = \frac{\delta^2}{g} \cdot \beta = 4\beta\zeta \text{ und}$$

$$be = 2\sqrt{\beta\zeta}, \text{ oder}$$

es ist die Weite be die doppelte mittlere Proportionallinie zwischen cf und fb. Beschreibt man über der ganzen Höhe cb des Gefäßes einen Halbkreis cib, und zieht aus der Oeffnung f die Linie fl mit ae parallel, so ist diese die mittlere geometrische Proportionalzahl zwischen cf und fb, mithin allemahl be $= 2 \cdot$ fl.

Nimmt man ch = bf, so ist hi = fl, also auch be = die Weite des Wasserstrahls, der aus der Oeffnung h des Gefäßes hervordringt; beyde Wasserstrahle aus h und f fallen demnach auf den Boden mit einander zusammen in e. Die Linie fl wird am größten bey g, wo sie gk und dem gedoppelten Halbmesser oder der ganzen Höhe des Gefäßes gleich ist.

Bey s'Gravesande [α]) Versuchen war $\varepsilon = \zeta = 18$ Zoll, mithin sollte die Weite des Sprungs = 36 Zoll seyn, sie ward aber nur $35\frac{1}{2}$ Zoll gefunden. Bey Kraft [β]) war $\varepsilon = 2017$; $\zeta = 3738$ in Zweytausendtheilen eines londner Fußes, es hätte also be $= 2\sqrt{(2017 \cdot 3738)} = 5490$ seyn sollen, es

α) Elementa physic. To. I. § 1584. ed. Leid. 1742.

β) Commentat. Petrop. To. VIII. p. 253 sqq.

es fand sich aber nur 4542, und bey andern Versuchen etwas größer. Wenn man beym Versuche die gefundene Weite $be = n$ setzt, so kann man aus ihr und aus ε vermittelst der Formel $\frac{gn^2}{\varepsilon} = \delta^2$ die Geschwindigkeit δ, oder noch besser die derselben zugehörige Höhe $\frac{\delta^2}{4g} = \frac{n^2}{4\varepsilon}$ suchen, und so durch den Versuch prüfen, ob diese Höhe der Wasserhöhe ζ gleich ist, oder wie sie sich hiervon unterscheidet.

Auch lassen sich Fälle betrachten, wo der Wurf aus a einen Punkt über den Horizont, z. B. e (fig. 34.) treffen soll; alsdann kann af die Weite des Wurfs genannt werden. Gewöhnlich ist alsdann in der Ausübung diese Linie nebst fe, der Höhe des zu treffenden Punkts, gegeben, und man sucht bloß, wie der Wurf eingerichtet werden müsse, um den Punkt e zu treffen, d. h., man sucht γ und α. Es ist also diese Aufgabe unbestimmt, indem man für α und γ einen Werth nach Gefallen annehmen, und hernach das andere bestimmen kann. Aber für γ, oder für die anfängliche Geschwindigkeit, oder für die Stärke der Ladung gibt es einen kleinst-möglichen Werth, um e zu treffen, welchen man allemahl gern wählen wird, um den geringsten Aufwand von Pulver machen zu dürfen. Für dieses kleinste γ gibt die Rechnung den Winkel α gerade so groß, daß die Richtung des Geschützes bey a den Winkel der Scheitellinie az mit ae halbiren muß. Wird daher bey a eine Spiegelfläche über die Mündung des Geschützes gelegt, das Auge z lothrecht über a gebracht, daß das Auge das Bild des Punktes e in des Spiegels Mitte sieht, so ist dieß die Richtung, in welcher e mit der berechneten schwächsten Ladung getroffen wird, wobey aber der Widerstand der Luft bey Seite gesetzt worden.

M. s. Karsten Lehrbegriff der gesammten Mathematik, Th. IV. Abschn. V. §. 73. u. f. desselb. Anfangsgründe der mathemat. Wissensch. Th. II. Greifsw. 1780. 8. Mechanik, Abschn. II. §. 36 ff.

Weiten in Ost und West s. Abendweite, Morgenweite.

Weitsichtig s. Auge.

Wellen (vndae, ondes) Wenn in einer stillstehenden Wasserfläche (fig. 36.) ab durch irgend eine Kraft eine Vertiefung d erzeugt wird, so erhebt sich das Wasser rings um dieselbe in c und e, fließt hierauf von dieser Höhe vermöge seiner eigenen Schwere wieder ab, und macht durch die im Fallen erhaltene Geschwindigkeit eine neue Vertiefung in f, indem die vorige in d wieder ausgefüllt wird; auf solche Art entstehen wieder neue Erhöhungen in g und i mit neuen Vertiefungen in h und k, und es entspringt daher eine Bewegung des Wassers, wobey die durch eine Kraft verursachte Vertiefung d mit einer ihr vorausgehenden Erhöhung e immer weiter durch f, g, h, i k u. s. zu gehen, und jeder vorigen beständig wieder eine neue zu folgen scheint. Da nun das nach allen Richtungen von d aus geschieht, so verbreitet sich diese Bewegung in Kreisen um d. Man nennt jede Erhöhung um d bis auf die tiefsten Punkte d und f eine **Welle**, den Abstand df die **Breite** der Welle, und die ganze vorgedachte Bewegung eine **wellenförmige Bewegung** (vndulatio, motus undulatorius, ondulation).

Solche Wellen entstehen, wenn man in stillstehenden Wässern Steine wirft, oder sie sonst auf irgend eine Weise in Bewegung setzt. Die Wellen verbreiten sich um die in Bewegung gesetzte Stelle in concentrischen Kreisen, und wenn die erste eine gehörige Erweiterung erhalten hat, folgt ihr so gleich eine zweyte aus dem Mittelpunkte nach. Es würde natürlich diese Bewegung bis ins Unendliche fortdauern, wenn nicht Hindernisse vorhanden wären, die sie nach und nach schwächten und endlich gänzlich vernichteten. Dergleichen sind aber allemahl da, indem der Druck des umgebenden Wassers keines Weges aber, wie man gewöhnlich glaubt, die Reibung desselben, die wellenförmige Bewegung vermindert, und sie endlich zur Ruhe bringt. Dieß nähmliche findet auch bey den Meereswellen Statt, die aber nur sehr unregel-

regelmäßig erfolgen, weil die Kraft, der Wind, wodurch sie verursacht werden, auf eine sehr unregelmäßige Art auf das Meerwasser wirkt.

Newton *) hat die Theorie der wellenförmigen Bewegung zuerst auf richtige Grundsätze zurückzuführen gesucht. Er beweiset, daß die Zeit, um welche die Breite df einer Welle fortschreitet, ziemlich mit der Schwingungszeit des einfachen Pendels von der Länge df übereinstimmt. Er hatte nähmlich zuvor den Lehrsatz bewiesen, daß die Schwingungen der Wasserflächen in communicirenden Röhren ziemlich genau mit den Schwingungen eines Pendels übereinkommen, welches die halbe Länge der in beyden Röhren und dem Communicationsgefäße zusammen enthaltenen Wassersäule hat. Wenn also das Wasser in de als eine solche Säule angenommen wird, deren beyde Enden durch Schwingungen steigen und fallen, so wird ein Pendel von der Länge $\frac{1}{2}$ de einen halben Schwung machen, indem sich das Wasser von d bis e erhebt, und einen zweyten, indem es von e bis f fällt; alsdann hat sich aber die ganze Welle um ihre Breite df fortbewegt, und dieß in der Zeit, in welcher ein 4 Mahl so langes Pendel, dessen Schwünge von einer doppelt so langen Dauer sind, einen halben Schwung gemacht hätte. M. s. Pendel. Diese Pendellänge wäre also $4 \cdot \frac{1}{2} de = 2 de$, d. i., fast df oder beynahe der Breite der Welle gleich.

Daraus folgert nun Newton, daß eine Welle von der Breite $3\frac{1}{18}$ Pariser Fuß = der Länge eines Sekundenpendels, einen eben so langen Weg in einer Sekunde, mithin $183\frac{1}{3}$ Fuß in einer Minute und 11000 Fuß in einer Stunde zurücklege, und daß sich die Geschwindigkeiten verschiedener Wellen, wie die Quadratwurzeln aus ihren Breiten verhalten. Dieß alles könne aber nur beynahe zutreffen, weil hier das Schwingen nicht, wie in aufrecht stehenden Röhren senkrecht, sondern in Bogen de erfolge.

Wenn die Wellenkreise gegen ein feststehendes lothrechtes Hinderniß anschlagen, so werden sie zurückgeworfen, und breiten

*) Princip. Lib. II. sect. VIII. prop. 44. 45.

ten sich nach der entgegengesetzten Richtung so aus, daß sie Kreise um einen Punkt beschreiben, welcher in der senkrechten Linie so weit hinter der Ebene des Hindernisses liegt, als der Mittelpunkt der anschlagenden Welle vor dieser Ebene lag. Wenn aber das Hinderniß gegen den Horizont schief steht, so wird die Bewegung der Welle durchs Anschwellen des Wassers so gestört, daß selten eine zurückgeworfen wird, wie dieß gewöhnlich an den Ufern der Flüsse Statt hat.

Wenn sich in dem Hindernisse eine Oeffnung befindet, so geht ein Theil der Welle geradlinig hindurch, und die Bewegung fängt an, hier neue Wellen zu bilden, welche sich um die Oeffnung als ihren Mittelpunkt in Halbkreisen verbreiten. Hat die Oeffnung eine beträchtliche Größe, so gehen die Wellen in der Mitte ungestört hindurch, und nur um die Ränder bilden sich neue kleinere Kreise. Mehrere Wellen, welche sich in verschiedenen Richtungen begegnen, stören einander nicht; denn eine jede Welle, was sie auch für eine Gestalt hat, kann doch allemahl noch diejenigen Erhöhungen und Vertiefungen annehmen, welche die Fortpflanzung der andern Welle erfordert. Unregelmäßige und gewaltsame Wellen aber machen hiervon eine Ausnahme. Uebrigens hängt die kreisförmige Gestalt der Wellen in Flüssigkeiten bloß von der Natur der flüssigen Materie ab; daher kann ein Körper im Wasser geradlinig schwingen, und doch entstehen kreisförmige Wellen.

In luftförmigen Stoffen oder auch in andern beträchtlich elastischen Mitteln entstehen auf eine ähnliche Art abwechselnde Verdichtungen und Verdünnungen, welche sich um die gereitzte Stelle herum durch concentrische Kugelflächen verbreiten. Auf diese Art geschieht die Fortpflanzung des Schalles in der Luft. M. s. Schall. Auch haben sich einige Physiker die Bewegung des Lichtes und der Wärme auf diese Art vorgestellt. M. s. Vibrationssystem.

M. s. s'Gravesande phys. elem. mat. Lugd. Bat. 1725. 4. To. I. L. II. c. 10. de motu vndarum.

Welt

Welt (mundus, monde). Dieser Ausdruck, welcher eigentlich alles Erschaffene in sich begreift, wird in der Naturlehre, die sich besonders mit der Untersuchung des Materiellen beschäftigt, dem Inbegriffe aller körperlichen Dinge, der **materiellen Welt**, der **Körperwelt**, beygelegt.

Alle materielle Stoffe, welche unserer Erde zugehören, und die Erdkugel selbst, unterscheiden wir mit Recht von der übrigen materiellen Welt, und theilen so die Welt in **Erde** und **Himmel** ein. Bey näherer Betrachtung des Himmels erkennen wir mit unläugbarer Wahrheit eine Menge in unmeßbaren Abständen von einander über einander gehäufte Körper, die **Himmelskörper, Weltkörper** (corpora coelestia, corps célestes), zu welchen die Erde selbst wieder gehört. Alle diese Körper haben eine bewundernswürdige Lage gegen einander, und machen in ihrer Verbindung das **Weltgebäude** aus.

Auch versteht man wohl zuweilen unter dem Ausdrucke, **Welt**, bloß unsere Erde, wie in den Worten, Weltmeer, Welttheile; zuweilen begreift man darunter ein System mehrerer Weltkörper, welche zusammen in einer besondern Verbindung stehen, z. B. unser Sonnensystem, Planetensystem. In diesem Sinne spricht man von **Mehrheit der Welten**, und versteht darunter die Mehrheit solcher Körper, wie unsere Erde, oder auch solcher Systeme, wie unser Sonnensystem. M. s. **Weltgebäude, Weltsystem**.

Weltachse (axis mundi, axe du monde), heißt die gerade Linie von einem Weltpole zum andern, welche bey der scheinbaren Bewegung des Himmels ganz unbewegt zu seyn scheint. Einem jeden Beobachter unserer Erde, der sich in der Mitte der Himmelskugel zu befinden glaubt, scheint sie durch sein Auge zu gehen; wenn man aber die Erde im Verhältnisse des ganzen Weltgebäudes als unendlich klein betrachtet, so trifft diese Achse den Mittelpunkt der Erde, und ist nun nichts anders, als die bis an die scheinbare Himmelskugel verlängerte Erdachse. Sie ist die Achse des Aequators, und aller mit ihm parallel laufenden Tagekreise, Wende-

kreise, Polarkreise; ihr Winkel, welchen sie mit dem Horizonte eines jeden Orts macht, wird durch die Polhöhe des Orts gemessen.

Weltgebäude, Weltbau, Weltall, Universum (mundus vniuersus, systema mundi s. cosmicum, fabrica mundi, monde, l'Univers). Hierunter versteht man den Inbegriff aller Weltkörper, in Ansehung ihrer Verbindung und Ordnung unter einander. Alle Gedanken, welche sich hierüber anführen lassen, bleiben zwar bloße Muthmaßungen; allein was unser Sonnensystem, einen zwar kleinen Theil des Weltgebäudes, betrifft, so besitzen wir doch hiervon solche Kenntnisse, welche in Sachen dieser Art als mathematische Wahrheiten angesehen werden können. M. s. **Weltsystem.** Schon die ältesten Philosophen behaupteten, daß die am Himmel glänzenden Sterne eine Mehrheit der Welten anzeige, ob sie gleich bey weiten noch nicht die erhabenen und höchst wahrscheinlichen Vorstellungen davon hatten, als man durch die außerordentlichen Fortschritte in der Astronomie erlangt hat. Viele dergleichen Behauptungen finden sich beym **Plutarch** [α]). **Philolaus, Nicetas** und **Heraklides**, Männer aus der pythagoräischen Schule, lehrten, daß jedes Gestirn eine Welt sey, und in dem epikureischen Systeme wurde der Satz von der Unzählbarkeit der Welten mit vielem Eifer vertheidigt [β]). **Metrodor** von **Ephesus** behauptete, es sey eben so ungereimt, in dem unendlichen Raume nur eine einzige Welt anzunehmen, als in einem unermeßlichen Gefilde nur eine einzige Aehre aufzusuchen. Auch **Xenophanes, Zeno von Elea, Anaximenes** und **Anaximander** lehrten die Vielheit der Welten, oder nahmen Bewohner der Gestirne an. **Fabricius** [γ]) hat die Meinungen der Alten hierüber umständlich gesammelt. Da indessen das wahre Planetensystem noch nicht so allgemein und zuverlässig, als jetzt, bekannt war, so scheinen die Mehrheiten

α) De placitis philosophor. Lib. I. cap. 5. L. II. c, 13. 30.
β) *Lucret.* de rer. nat. L. II. v. 1086.
γ) Bibliotheca graeca. Tom. I. cap. 20.

heiten der Welten nach dem Sinne der Alten eher einzelne bewohnte Kugeln, als die jetzt allgemein behauptete Mehrheit von Planetensystemen, anzuzeigen.

Nach der Wiederherstellung der Wissenschaften ist vorzüglich die Meinung des Jordan Brunus über die Mehrheit der Welten merkwürdig. Er behauptete nähmlich ein unendliches Weltall und unzählige Welten. Alle Sterne sind entweder Sonnen oder Erden; die Fixsterne rechnet er zu den Sonnen, welche ihr eigenes Licht ausbreiten, die übrigen Sterne aber, welche ihr Licht anders woher erhalten, zu den Erden; es mögen diese entweder von uns gesehen werden können, oder nicht. Eine jede Sonne besitzt ihre eigene Erden als Begleiter, und daraus entstehen einzelne Sonnensysteme. Es ist daher die Anzahl dieser Systeme unendlich. Die Erden sind dem Monde ähnliche Körper, und werden aus ihren verschiedenen Lichtgestalten erkannt. Eine jede Sonne ist mit einem sehr großen ätherischen Raume umgeben, worin sich die Erde um die Sonne wälzen. Auf solche Art bewegt sich in unserm Sonnensysteme unsere Erde und die übrigen Planeten um die Sonne in dem ätherischen Raume derselben. Auch sind nach ihm die Kometen den Planeten ähnliche Körper. Uebrigens nimmt er mit den Alten eine Weltseele an, welche Alles in Thätigkeit versetze, und der Grund von der runden Gestalt der Himmelskörper und derselben Bewegung ist *).

Noch mehr erweiterte die Begriffe von dem Umfange des Weltalls und von den Größen und Abständen der Fixsterne das copernicanische System. Dagegen war der sonst scharfsinnige Kepler von einer solchen erhabenen Vorstellung noch weit entfernt. Dieser glaubte, daß es im Weltraume Verhältnisse gebe, die sich auf die regulären Körper der Geometrie bezögen. Zu einer solchen Idee verleitete ihn das alte Vorurtheil, daß sich unsere Sonne als Hauptkörper unsers Weltalls vor allen andern auszeichne. Er unterschied also die Sonne von den andern Fixsternen, und umgab unser System

*) De innumerabilibus, immenso et infigurabili. Frfti. 1591. 8.

stem mit einem weiten leeren Raume, jenseit dessen erst der dicht besetzte Fixsternhimmel seinen Anfang nehme. Huygens α) aber erhob sich viel weiter. Es geht zwar der größte Theil seiner Betrachtungen nur die Bewohnbarkeit der Planeten an; am Schlusse derselben widerlegt er aber Keplern, und zeigt, daß uns nichts hindere, jeden Fixstern eben so gut, wie unsere Sonne mit bewohnten Planeten umgeben zu gedenken, woraus eine über Alles erhabene Vorstellung von der Pracht und Größe des Weltgebäudes entspringe. Vorzüglich aber hat von Fontenelle β) diesen Gegenstand mit einer ihm eigenthümlichen Anmuth der Einkleidung und Lebhaftigkeit der Schreibart vorgetragen. Herr Bode γ) hat dieser lesenswürdigen Schrift, welche mit einer Menge Erklärungen aus dem System der cartesianischen Wirbel durchwebt ist, durch Berichtigungen und Zusätze eine ganz andere, dem jetzigen Zustande der Wissenschaften angemessene Form gegeben, in welcher sie wieder ins Französische übersetzt worden.

Es scheint also das Weltgebäude aus einer zahllosen Menge von Sonnensystemen zu bestehen, von welchen nur dasjenige, was zu unserer Erde gehört, uns genauer bekannt ist. Aber auch selbst unter diesen Systemen muß, der Analogie gemäß, noch eine weitere Subordination Statt haben, über deren Beschaffenheit wir freylich nur schwache Muthmaßungen haben können.

Dürften wir alle diese Sonnensysteme als Kugeln von fast gleicher Größe vorstellen, welche sämmtlich einander berührten, so würden solche um eine mittlere, z. B. um unsere Sonnenwelt, zunächst zwölf an der Anzahl liegen können. Eine jede derselben wäre ein wenig größer, als die mittlere, und der

α) Κοσμοθέωρος s. de terris coelestibus, earumque ornatu coniecturae Hag. Com. 1698. 4.

β) Entretiens sur la pluralité des mondes. Paris 1686. 12. 1719. 12. Bernhard von Fontenelle Gespräche von mehr als einer Welt. Aus d. Franz. von Gottsched. Leipz. 1730. 8.

γ) Bernh. von Fontenelle Dialogen über die Mehrheit der Welten, übers. mit Anmerk. u. Kupfert. Berl. 1780. 8. 2te Aufl. 1789. 8.

der übrigen müßten dann immer mehr werden, je weiter sie entfernt wären, so daß nun die ersten 12 eine zweyte Lage von mehreren, um diese eine dritte von noch mehr Kugeln u. s. w. Statt fände. Herr **Kästner** α) hat hierüber geometrische Untersuchungen angestellt. Wären nun auch die in der Mitte der Kugeln befindlichen Sonnen alle gleich groß, so würden uns die zwölf nächsten als eben so viel Sterne der ersten Größe, die der zweyten, dritten Lage u. s. als Sterne der folgenden Größen mit immer wachsender Anzahl erscheinen. In der That zählt man 12 Sterne, die ganz entschieden zur ersten, über 60, die zur zweyten, über 200, die zur dritten gehören. Allein es ist leicht zu übersehen, daß sich diese Anwendung nicht weit treiben lasse, weil die Sterne weder eine gleiche Größe, noch eine solche regelmäßige Stellung zeigen, als nach dieser Anordnung Statt haben müßte.

Thomas Wright β) führt in einem mit schönen Abbildungen des Fixsternhimmels begleiteten Werke den Gedanken auf, daß die Fixsterne in ordentlichen Lagen und gleichen Entfernungen stünden, und uns nur in unordentlichen zu stehen schienen, weil wir sie nicht aus dem gehörigen Orte betrachteten. So scheine das System der Jupitersmonden auf den ersten Anblick unordentlich, und eben so müßte einem entfernten Auge unser ganzes Planetensystem vorkommen, obgleich in beyden die beste Ordnung herrsche. Hier liege aber die Ordnung in der regelmäßigen Bewegung, welche beym Anblicke darum verloren gehe, weil das Auge die Körper nur in einzelnen Stellen ihrer Bahnen sehe. Etwas ähnliche kann bey den Fixsternen Statt haben, da man jetzt weiß, daß auch sie eigene Bewegungen haben, ob sie gleich **Wright** in dieser Rücksicht nicht betrachtet. Vielmehr nimmt er an, daß sich die Reihen der Sterne hauptsächlich durch die Ebene der Milchstraße erstrecken, und nach dieser Richtung ohne Vergleichung häufiger, als nach den übrigen, hinter einander liegen. Auf zwey Platten gibt er eine prächtige Abbil-

 bung

α) Diss. mathem. et phys. Altenb. 1757. 4. n. IX.
β) An original theory of the universe. Lond. 1750. 4.

dung dieser Straße, und berechnet in selbiger, indem er sie 9° breit und in jeden Quadratgrad 1200 Sterne setzt, die Anzahl der Weltsysteme auf 3888000. Auch Kant [α]) hat ähnliche Muthmaßungen über die Lage der Fixsterne angeführt.

Lambert [β]) hat diese Muthmaßungen noch weiter verfolgt. Nach seiner Vorstellung machen alle außerhalb der Milchstraße liegende zerstreut erscheinende Fixsterne zusammen ein einziges System aus, zu welchem unsere Sonne selbst mit gehört. In der Ebene der Milchstraße liegen in unermeßlichen Reihen hinter einander nicht allein einzelne Fixsterne mit ihren Planeten, sondern ganze dem vorigen gleiche Systeme, zu deren jedem viele tausend Sonnen, jede mit ihren Planeten, gehören. Wenn gleich die einzelnen Sonnen schon sehr weit von einander entfernt sind, so sind doch die Entfernungen zwischen diesen Systemen noch bey weiten größer. Eine solche für unsere Vorstellung unbegreifliche Entfernung findet sich auch zwischen unserm Fixsternsystem, welches sich über den ganzen gestirnten Himmel verbreitet, und den übrigen, deren vereinigter Glanz uns die Erscheinung der Milchstraße verursacht.

In unserm Fixsternsysteme liegt unsere Sonne nebst unserer Erde nicht in der Mitte, sondern der Gegend des Adlers näher, wo uns die Sterne in geringerer Anzahl und zerstreueter erscheinen. Die Mitte des Systems scheint nach dem Orion oder dem großen Hunde hin zu liegen. Dem ganzen Systeme gibt Lambert eine langsame Bewegung um einen Haupt- oder Centralkörper, von welchem er es unentschieden läßt, ob er eine Sonne oder ein dunkler Körper sey. Den Sirius dafür anzunehmen, ist er nicht geneigt, vielmehr könnte man den bekannten Nebelfleck am Schwerdte des Orions dafür halten; die Erfahrung müsse lehren, ob dieser Fleck periodische Lichtabänderungen nach der Theorie der Phasen

α) Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels. Königsb. 1755. 8.

β) Cosmologische Briefe über d. Einrichtung d. Weltbaues. Augsb. 1761. 8.

Phasen zeigen und sich etwa dadurch als ein dunkler von umlaufenden Sonnen erleuchteter Körper zu erkennen geben werde.

Die Milchstraße selbst hält Lambert für eine Zusammensetzung aus lauter ähnlichen durch eben solche Entfernungen getrennter Systeme. Jedes einzelne System für sich würde wie ein blasses Wölkchen oder Nebelfleck erscheinen; alle zusammen schieben sich in einander und bilden die Zone, welche doch an manchen Stellen unterbrochen, gespalten, oder in kleine Wölkchen zertheilt scheint. Ein jedes dieser unzähligen Sonnensysteme hat seinen eigenen Hauptkörper, und vielleicht machen sie alle zusammen nur ein einziges System einer noch höhern Ordnung aus, in dessen Mittelpunkte sich wieder ein Hauptkörper von einer noch beträchtlichern seinem ungeheuern Gebiete angemessenen Größe befindet; vielleicht muß man noch durch mehrere solche Ordnungen oder Stufen aufsteigen, ehe man die Gränze dieser Reihen erreicht, die dem Throne der Allmacht am nächsten ist u. s. f.

Herr **Bode** *) trägt seine Gedanken über die Größe, Bewohnbarkeit und Anordnung der Fixsternwelt, ohne sich genau an Lambert's Ideen zu binden, auf diese Art vor. Ihm scheint es, daß sich alle Fixsterne der Milchstraße mit uns in ein einziges System zusammenziehen, in welchem unsere Sonne die im Artikel, **Milchstraße** (Th. III. S. 606.) angegebene Stelle haben, der Sirius aber die Centralsonne seyn könnte. Hierbey bemerkt er noch, daß die Nebelflecke, die gemeiniglich in einer länglichen oder elliptischen Gestalt erscheinen, nichts anders, als von Ferne gesehene Milchstraßen oder Systeme von Millionen Sonnen seyn mögen, von welchen wir bloß den vereinigten Glanz wahrnehmen, und von denen das Licht erst nach Millionen Jahrtausenden zu uns gelangt, die wir also mit unsern besten Fernröhren nie sehen werden. Endlich kann man noch setzen, daß dieß dennoch nur den kleinsten Theil von dem Ganzen ausmachen kann, was der Allmächtige werden hieß. Denn die Gränzen der

*) Anleitung zur Kenntniß des gestirnten Himmels. Abth. III. Abschn. 4.

Schöpfung werden durch alle unsere Vorstellungen noch nicht erreicht.

Alle diese Muthmaßungen über das Weltgebäude haben besonders durch die Bemühungen eines Herschel's *) ungemeine Aufschlüsse erhalten. Wenn man sich die Vorstellung macht, daß alle Sterne ursprünglich ihre angewiesene Stelle im Weltraume erhielten, und gegen einander gravitirten, so mußten die größern benachbarte kleinere näher gegen sich ziehen, und die vereinte Kraft mußte dieses System immer mehr vergrößern. Die Gestalt dieser Systeme mußte nach der Größe des Hauptkörpers und nach der ursprünglichen Lage und Größe der benachbarten Sterne sehr verschieden seyn, und je reicher sie an Sternen wurden, desto ansehnlichere leere Räume mußten zwischen ihnen entstehen. Ueberdieß gibt Herr Herschel diesen Sternen, so wie den ganzen Systemen, Bewegung, um durch die daraus entstehende Schwungkraft einen Beharrungsstand zu erhalten, und das Zusammensinken der Schöpfung in eine einzige Masse zu verhindern. Auf solche Art entstehen mehrere Ordnungen solcher Systeme, und ihre Theorie wird der lambertschen ähnlich. Das Auge eines Beobachters, welcher noch weit vom Mittelpunkte eines Systems sich befindet, wird den Rand oder die Gränze desselben nicht erreichen, entfernte andere Systeme werden ihm nur in heitern Nächten als blasse Wölkchen, und mehrere nach einer Fläche ausgebreitete Systeme, welche zusammen wieder ein System einer höhern Ordnung bilden, als ein lichter die Sphäre umgebender Gürtel, erscheinen. Dabey kann gleichwohl das Gesicht noch so begränzt seyn, daß man von der Schöpfung, die man ganz zu sehen glaubt, in der That kaum den tausendsten Theil siehet. Von dieser Theorie entwirft Herr Herschel nach seinen Beobachtungen eine Zeichnung, welche den unsichtbaren Himmel als ein System der dritten Ordnung von mehreren Millionen Sternen darstellt. Nach seinem Maßstabe, wo die Entfernung des Sirius von uns

*) On the construction of the Heavens. Lond. 1785. 4. u. in d. Philos. Trans. Vol. LXXV.

uns nur $\frac{1}{80}$ Zoll beträgt, sind alle in den heitersten Nächten sichtbare Sterne in einem Umfange von $\frac{1}{4}$ Zoll Durchmesser enthalten. Aber in 1000, ja 6 bis 8000fachen Siriusfernen schweben mehrere Systeme, von jenem an Größe und Sternzahl wenig verschieden; ihre zahllosen Sonnen, mit Planeten umgeben, biethen überall Flächen zur Wohnung dar, und wo in diesen unermeßlichen Gefilden Raum ist, da wallen Wesen, die sich glücklich fühlen.

Aehnliche Gedanken mit Herrn **Bode** über die Ordnung und Zusammenstellung der Fixsterne trägt auch **la Place** vor, von welchen schon das Nöthigste unter dem Artikel, **Milchstraße**, angeführt ist.

M. s. **de la Lande** astronomisches Handbuch, a. d. Franz. Leipz. 1775. 8. §. 976 u. f. **la Place** Darstellung des Weltsystems, a. d. Franz. Th. II. Frankf. a. M. 1797. 8. S. 320 u. f.

Weltgegenden (plagae mundi, plages). Gemeiniglich theilt man an jedem Orte den Horizont in 32 gleiche Theile, so daß ein jeder Theil einen Bogen von $\frac{360}{32} = 11\frac{1}{4}^{\circ}$ fasset. Ein jeder Theilungspunkt erhält alsdann einen besondern Nahmen, und alle zusammen werden **Weltgegenden** genannt. Wenn also eine gewisse Erscheinung in der Natur über einen dieser Punkte Statt findet, so sagt man, sie geschehe nach dieser oder jener Weltgegend. Weil die Schiffer die Richtung der Winde auf diese Art angeben, so nennt man diese Gegenden bisweilen auch die 32 Winde.

Bey dieser Eintheilung wird die Mittagslinie des Orts zum Grunde gelegt. M. s. **Mittagslinie**. Wenn (fig. 37.) n w s o den Horizont, n s die Mittagslinie des Orts c vorstellt, so haben die Schiffer den beyden Punkten n und s, in welchen die Mittagslinie den Horizont trifft, den Nahmen **Nord** und **Süd** gegeben. M. s. **Mitternachtspunkt**, **Mittagspunkt**. Wird die Mittagslinie n s durch die Linie o w im Mittelpunkte c senkrecht durchschnitten, so werden dadurch im Horizonte die beyden andern Punkte w und o bestimmt, in welchen der Horizont vom Aequator geschnitten

wird, und welche die Schiffer **West** und **Ost** genannt haben. M. s. **Abendpunkt, Morgenpunkt.** Diese vier Punkte n, w, s, o werden die **Hauptpunkte, Cardinalpunkte** genannt, und sie bestimmen die vier **Hauptgegenden** (plagae cardinales); auch theilen sie den ganzen Himmel in vier gleiche Quadranten. M. s. **Cardinalpunkte, Hauptgegenden, Mitternacht, Abend, Morgen, Mittag.**

Durch Halbirung der Quadranten werden die vier ersten **Nebengegenden** (plagae intermediae, points collatéraux) bestimmt, wovon eine jede ihren Nahmen aus der Zusammensetzung der beyden Hauptgegenden, zwischen welchen sie liegt, so erhält, daß die in der Mittagslinie liegende Gegend zuerst ausgesprochen wird. So heissen diese Gegenden **Nordwest, Südwest, Südost, Nordost.**

Werden diese Bogen weiter in zwey gleiche Theile getheilt, so entstehen daraus acht zweyte Nebengegenden. Eine jede von diesen Gegenden erhält ihren Nahmen von dem Nahmen der nebenliegenden Hauptgegend und der ersten Nebengegend. Diese Nahmen sind also: **Nord Nord West, West Nord West, West Süd West, Süd Süd West, Süd Süd Ost, Ost Süd Ost, Ost Nord Ost, Nord Nord Ost.** Diese 16 Weltgegenden stellt die Fig. vor.

Die fernere Halbirung der nunmehr entstandenen 16 Bogen gibt 16 dritte **Nebengegenden**, wovon jede entweder an einer Hauptgegend oder an einer ersten Nebengegend angränzt, und von dieser angränzenden Gegend den Nahmen erhält, welcher durch das Wort gen mit der Hauptgegend verbunden wird, nach welcher die zu benennende Gegend von jeder anliegenden abweicht. Die Nahmen sind also: **Nord gen West, Nord West gen Nord, Nord West gen West, West gen Nord, West gen Süd, Süd West gen West, Süd West gen Süd, Süd gen West, Süd gen Ost, Süd Ost gen Süd, Süd Ost gen Ost, Ost gen Süd, Ost gen Nord, Nord Ost gen Ost, Nord Ost gen Nord, Nord gen Ost.**

Diese

Diese Eintheilung rührt entweder von holländischen oder deutschen Schiffern her, wie schon die Nahmen beweisen. Jetzt werden sie aber von allen Europäern gebraucht. Die Nahmen der Griechen und Römer sind von diesen angeführten verschieden, weil sie den Horizont in 12 oder 24 Theile eintheilten [α]). Lateinische Benennungen für unsere Winde hat **Varenius** [β]) vorgeschlagen.

So bald die Mittagslinie eines Orts bestimmt ist, so lassen sich die Weltgegenden vermittelst der **Windrose** finden, wovon ein eigener Artikel handelt.

Man hat die Frage aufgeworfen, ob wohl die Lage der Weltgegenden an einerley Ort der Erde unverändert bleibe, oder ob die Mittagslinie eines Orts stets eine und dieselbe sey. **Picard** [γ]) fand die Positionswinkel verschiedener Orte mit der Mittagslinie durch Uranienburg sämmtlich um 18 Minuten anders, als **Tycho de Brahe** dieselben fast hundert Jahr vorher angegeben hatte. **Picard** vermuthete daher, daß **Tycho** diese Winkel nicht mit der größten Genauigkeit bestimmt habe, weil seine Absicht bloß auf eine Situationskarte der Insel Huen gegangen sey. Indessen war der Fehler von 18 Minuten in der Lage der Mittagslinie offenbar, und schien zu beträchtlich, als daß man ihn von einem so genauen Astronomen, als **Tycho** war, hätte erwarten können. Dieß gab zur Vermuthung Anlaß, daß die Mittagslinie, und mit ihr alle Weltgegenden, an jedem Orte von Zeit zu Zeit ihre Lage ändere.

Allein diese Muthmaßung hat sich nicht bestätiget. Es hatte zwar **Cassini** an dem von **Ignaz Dante** errichteten Gnomon in der Petroniuskirche zu Bologna bey der ersten Prüfung 1655. die Mittagslinie fehlerhaft gefunden, und daher eine neue gezogen. Im Jahre 1695. aber fand er dieselbe noch in der nähmlichen Lage, und sie hat sich noch in der Mitte des 18ten Jahrhunderts durch **Manfredi's** zahlreiche

α) G. *Riccioli* Almag. nov. II. 17.
β) Geographia general. L. I. cap. 20. prop. 4 — 8.
γ) Voyage d'Uranibourg à Paris 1680. Fol.

reiche Beobachtungen α) ganz unverändert richtig gezeigt. Auch bey den sorgfältigen und lange Zeit fortgesetzten Bestimmungen der Mittagslinie der Pariser Sternwarte hat man nie eine Veränderung wahrgenommen.

Ueber dieß fand Chazelles β) die größte egyptische Pyramide, welche er 1693. untersuchte, mit ihren vier Seiten genau nach den vier Hauptgegenden gerichtet. De la Caille γ) meldet aus Chazelles Handschriften, daß diese Prüfung mit einem Compasse geschehen sey, dessen Nadel 4 Zoll lang gewesen, und den er an die Seiten der Pyramide gehalten habe. Diese Untersuchungen geben also zu erkennen, daß man gar keine Ursache habe, eine Veränderung der Mittagslinie, mithin auch der Weltgegenden zu behaupten.

Weltkugel s. **Himmelskugel, Sphäre.**

Weltpole, Pole des Himmels, Pole des Aequators oder der täglichen Umdrehung (poli mundi, poli coelestes, poli aequatoris, poles du monde, poles de la sphaere, poles de l'équateur). Hierunter versteht man die beyden einander gerade entgegengesetzten Punkte der Himmelskugel, welche bey der scheinbaren Umdrehung derselben unbewegt zu bleiben scheinen, oder die beyden Endpunkte der Weltachse. Diese Punkte werden durch gehörige Verlängerung unserer Erdachse an dem Himmel getroffen, und correspondiren daher mit den Polen der Erde. Sie sind auch die Pole des Aequators und aller mit selbigem parallelen Tagekreise.

Diese beyden Pole fallen nur unter dem Aequator der Erde oder in der geraden Sphäre in zwey Punkte des Horizonts, die einander diametral entgegengesetzt sind; an den übrigen Orten der Erde aber ist der eine über und der andere unter dem Horizonte. Der in unsern Ländern sichtbare Pol wird der **Nordpol** genannt, auch der mitternächtliche

α) Comment. Bonon. To. II. u. de gnomone Bononiensi.

β) *Du Hamel* histor. Academ. reg. p. 420. ingl. eloge de M. *Chazelles* in mém. de l'Acad. des scienc. 1710.

γ) Mémoir. de l'Acad. des scienc. 1761.

liche, oder von dem ihm nahen Sternbilde des Bärs der **arktische Pol** (polus septemtrionalis, borealis arcticus, pole septentrional, boréal); der entgegengesetzte heißt der **Südpol, der mittägliche, antarktische Pol** (polus meridionalis, australis, antarcticus, pole meridional, austral).

Die Stelle des Nordpols läßt sich mit Hülfe des Polarsterns in seiner ungefähren Lage am Himmel finden. Von diesem steht nähmlich der Nordpol etwa gegen 2 Grade ab. Will man die Stelle genau suchen, so müßte man Polhöhe und Mittagslinie suchen, und die Achse eines Fernrohrs nach diesen Bestimmungen richten.

Größte Kreise durch die Weltpole gelegt, heißen **Abweichungskreise**, und stehen auf dem Aequator senkrecht; auf diesen Kreisen werden nähmlich die Abweichen der Gestirne bestimmt; sie heißen aber **Stundenkreise**, wenn sie in der unbeweglichen Himmelskugel betrachtet werden. Zu den erstern gehören die **Koluren**, zu diesen der **Mittagskreis**, der sechste Stundenkreis, der durch den Morgen- und Abendpunkt geht.

Die Stellen der Weltpole werden durch die Erdachse bestimmt, welche gehörig verlängert diese am Himmel treffen. Nun verändert sich aber die Lage der Erdachse gegen die Fixsterne theils fortschreitend (m. s. **Vorrücken der Nachtgleichen**), theils periodisch (m. s. **Wanken der Erdachse**); mithin ist auch die Lage der Pole gegen die Fixsterne veränderlich. Weil aber doch die Weltpole gegen den Horizont eines jeden Orts der Erdfläche beständig einerley Lage behalten, so betrachtet man sie in der sphärischen Astronomie als unbeweglich, und sieht jene Veränderungen so an, als ob sie von Bewegungen der Fixsterne oder der Pole und Punkte der Ecliptik herrührten.

Weltsystem, Weltordnung, Sonnensystem, Planetensystem (systema mundi s. cosmicum, systema solare, planetarium, système du monde, système solaire ou planétaire). Hierunter versteht man eine gewisse bekannte

kannte oder vermuthete Ordnung und Zusammenstellung mehrerer Weltkörper, nach welcher alle ihre Erscheinungen erklärt werden. Dergleichen Ordnungen sind aus unbezweifelten Erfahrungen nie bekannt, und sind folglich allemahl hypothetisch. Man setzt nähmlich eine gewisse Verbindung der Weltkörper in Ansehung einer gewissen Anzahl derselben voraus, und sucht alsdann hieraus durch Schlüsse die Gesetze ihrer Bewegungen und aller ihrer Erscheinungen. Daher sind eine Menge von Weltordnungen entstanden, unter welchen besonders die ptolemäische, tychonische und copernicanische zu bemerken sind, welche bloß die Verbindung unserer Erde, der Sonne mit den übrigen Planeten angehen; daher sie auch den Nahmen der verschiedenen **Sonnen- oder Planetensysteme** erhalten haben.

Daß wir bey der Betrachtung der Weltkörper durchs Gesicht sehr vielen Täuschungen unterworfen seyn können, lehren schon alltägliche Erscheinungen. M. s. **Gesichtsbetrüge**. Die Bewegungen, welche wir an verschiedenen Himmelskörpern wahrnehmen, sind so verwickelt, daß man sie bey genauerer Untersuchung nicht für wahr halten kann. Es kommt daher auf eine gewisse Hypothese an, nach welcher sie vollkommen einfach erklärt werden, und welche doch dabey das Ganze in die simpelste Harmonie bringt. Man sieht leicht ein, daß hierzu Jahrhunderte erfordert wurden, ehe man in Besitz einer solchen Hypothese seyn konnte.

Die vornehmsten Erscheinungen, welche aus einer solchen Hypothese genugthuend erklärt werden müssen, sind die tägliche Umdrehung der Himmelskugel, der jährliche Umlauf der Sonne, die auf der Schiefe beyder Bewegungen gegen einander beruhende Verschiedenheit der Tageslängen und Jahreszeiten, nebst der eigenen Bewegung der Planeten. Bey der letztern nimmt man das Besondere gewahr, daß Mars, Jupiter, Saturn am geschwindesten sich fortbewegen, wenn sie bey der Sonne sind, alsdann langsamer fortrücken, endlich still stehen, und, indem sie der Sonne gerade gegenüber kommen, gar zurückgehen; Venus und Merkur hingegen sich

nie

nie über gewisse Gränzen von der Sonne entfernen, an diesen Gränzen jeder Zeit umkehren, und wieder bey der Sonne vorbey auf ihre andere Seite gehen. Hierzu kommt noch, daß alle Planeten größer aussehen, wenn sie zurückgehen, und kleiner, wenn sie fortschreitend sind, wie dieß besonders bey der Venus und dem Mars sehr stark in die Augen fällt.

Es ist leicht begreiflich, daß die ersten Beobachter des Himmels mehr beym Scheine stehen blieben, und, da sie sich nicht für bewogen fühlten, unsere Erde als unbewegt anzunehmen, so die übrigen Weltkörper um sie gehen zu lassen. Jedoch sollen die besondern Erscheinungen der Venus und des Merkurs nach dem Zeugnisse des Makrobius [α]) schon die ältern Egyptier bewogen haben, diesen beyden Planeten einen Umlauf um die Sonne zuzuschreiben. Auch mußte die Beobachtung ihrer Bewegung gar bald auf diese Vermuthung leiten. Diese Weltordnung, nach welcher nur Venus und Merkur um die Sonne sich bewegen, alle übrige Weltkörper aber um die ruhende Erde gehen läßt, wird die egyptische genannt. Vitruv [β]) und Martianus Capella [γ]) erwähnen ihrer ebenfalls, ohne jedoch der Egypter zu gedenken. Wahrscheinlich hat diese Weltordnung die Veranlassung zu denjenigen Systemen gegeben, nach welchen man alle Planeten um die Erde gehen ließ.

Unter den griechischen Weltweisen kamen schon einige viel weiter. Es ist unbezweifelt gewiß, daß die pythagoräische oder italische Schule die Bewegung unserer Erde angenommen hat. Aristoteles [δ]) schreibt diese Lehre den Pythagoräern ausdrücklich zu, und beschuldigt sie einer großen Menge von Ungereimtheiten. Es scheint zwar Pythagoras nach dem, was Plinius [ε]) und Censorin [ζ]) von seiner Vergleichung der Planetenentfernungen mit den musikalischen Inter-

α) Somn. Scipionis I. 19.
β) De architect. IX. 4.
γ) De nuptiis Philologiae et Mercurii. L. VIII.
δ) De caelo. II. 3.
ε) Histor. natur. II. 12.
ζ) De die natali. cap. 13.

Intervallen anführen, eher die Erde in den Mittelpunkt gesetzt zu haben; allein **Montucla** meint, er habe die wahre Weltordnung als eine geheimere Lehre unter dem Symbol eines im Mittel der Welt befindlichen Feuers verborgen, bis erst später sein kühner Nachfolger **Philolaus** gewagt habe, sie öffentlich zu lehren.

Unter den Alten scheint es aber eben so viele Meinungen über die Weltordnung, als bey der Wiederherstellung der Wissenschaften in den neuern Zeiten, gegeben zu haben. Denn von einigen wird bloß angeführt, daß sie der Erde bloß eine Achsenumdrehung beygelegt, und so die tägliche Bewegung erklärt hätten. Diese Meinung schreibt **Plutarch** α) dem **Heraklides** von Pontus **Ekphantus** und **Seleukus** von Erythräa zu. Auch **Cicero** β) legt diese Meinung dem **Nicetas** von Syrakus bey. Andere hingegen behaupteten zugleich den Umlauf der Erde um die Sonne. Dieß erzählen **Diogenes** und **Plutarch** von **Philolaus** von Crotona, **Archytas** von Tarent und **Tymäus** von Lokris. Eben dieß hat auch, wie **Archimed** im Arenarius anführt, **Aristarch** von Samos bestimmt vorgetragen, und ist selbst vom **Plato** im spätern Alter angenommen worden. **Plutarch** versichert, es habe dieser große Weltweise bedauert, in seinen frühern Schriften der Erde einen ganz unschicklichen Platz im Mittel des Ganzen angewiesen zu haben. Hierbey beruft er sich auf das Zeugniß des **Theophrastus**, welcher eine jetzt verloren gegangene Geschichte der Astronomie aufgezeichnet hatte. Mit dem Umlauf der Erde um die Sonne ist aber die Bewegung der übrigen Planeten um dieselbe in einer solchen genauen Verbindung, daß man auch die letztere als eine nothwendige Folge der Lehre der Pythagoräer ansehen muß, wenn gleich hiervon bey den Schriftstellern nichts erwähnt ist. Man hält daher das ganze copernicanische System als eine Meinung der italischen Schule, welches auch von Ismael Boul-

α) De placit. philosoph. III. 13. 17.

β) Quaest. Academ. IV. 39.

Boullialdus unter den Nahmen des Philolaus [α]) vorgetragen worden ist.

Der größte Theil der griechischen Philosophen blieb aber doch beym Scheine stehen, und vertheidigten die Unbeweglichkeit der Erde. Aristoteles [β]) gibt viele, aber sehr schwache, Gründe für diese Lehre an, und beschuldigt die italischen Weltweisen, daß sie die Erscheinungen ihren Hypothesen anpaßten, sie aber nicht erklärten. Dieser Widerspruch eines so allgemein beliebten Mannes hat dem Fortgange der guten Sache ungemein geschadet, und selbst nach der Wiederherstellung der Wissenschaften eine geraume Zeit der wieder gefundenen Wahrheit, jedoch nicht ohne allen Nutzen, die allgemeine Annahme verspätet. Vermöge einer Stelle des Plutarch [γ]) müßte schon die Behauptung der Bewegung der Erde als ketzerisch gehalten worden seyn. Es soll nähmlich Aristarch von Samos gesagt haben, der Stoiker Cleanthes verdiene von den Griechen der Irreligion (ἀσεβείας) angeklagt zu werden, weil er die Festigkeit der Erde läugne (ὡς κινοῦν κόσμου τὴν ἑστίαν). Weil aber Aristarch nach den einstimmigen Zeugnissen des Archimedes und anderer, ja nach einigen Stellen des Plutarch selbst, ein starker Vertheidiger der Bewegung der Erde war, so verdient wohl diese Stelle nicht viel Glaubwürdigkeit. Indessen gibt sie doch schon einen Beweis ab, daß die Idee von Verbindung solcher Sätze mit der Religion schon im Alterthume gefunden werde.

Man stellte sich zu dem Ende vor, die Erde ruhe in der Mitte des Weltalls, und ließ in sieben Kreisen den Mond, den Merkur, die Venus, die Sonne, den Mars, den Jupiter und Saturn um selbige laufen, und umgab dieß Alles mit der achten Sphäre der Fixsterne. Einige glaubten zwar, daß sich Merkur und Venus um die Sonne bewege, die meisten

α) Philolaus, lib. IV. Amst. 1639. 4. astronomia Philolaica, Paris. 1645 Fol.
β) De caelo, lib. I. et II.
γ) De facie in orbe lunae.

sten aber waren der Meinung, daß sie in Kreisen um leere Mittelpunkte sich bewegten, und ließen diese Mittelpunkte zugleich mit um die Erde gehen, wodurch sich die Erscheinungen ebenfalls erklären lassen. Hierbey ward es strittig: ob diese beyden Planeten außerhalb oder innerhalb der Sonnenbahn um die Erde liefen. Zu den Zeiten des Plato nahmen die meisten das letztere an. Dieses alte griechische System hat nun der berühmte Claudius Ptolemäus in seinem Almagest vorgetragen, welches er mit vieler Geschicklichkeit zur Erklärung der Phänomene anwendet, und daher den Nahmen des ptolemäischen Systems erhalten hat. Das Ganze dieses Systems war zwar schon mehrere Jahrhunderte zuvor als herrschend angenommen, und die Theorie der Sonnenbahn bereits vom Hipparch ausgearbeitet; allein was den Lauf des Mondes und der Planeten betrifft, so ist dieß ganz eigentlich das Werk des Ptolemäus selbst.

Die meisten Gründe des Ptolemäus für die Hypothese, daß die Erde unbewegt im Mittelpunkte stehe, sind von dem Mangel einer Parallaxe an den Fixsternen hergenommen. Den beyden Planeten Venus und Merkur gibt er die Stelle unter der Sonne, um sie als beständige Begleiter derselben nicht auf einerley Seite mit den übrigen Planeten, die ihr bisweilen entgegengesetzt sind, zu bringen. Ueberhaupt beruhet seine Meinung von der Bewegung der Planeten ganz darauf, daß derjenige Planet der Erde am nächsten seyn müsse, welcher seine kreisförmige Bahn am schnellsten durchlaufe, wie dieß offenbar am Monde und an der Sonne erhelle; jener müsse nähmlich der Erde näher als diese seyn, weil er die Sonne verfinstere; auch der Saturn beweise dieß, welcher am langsamsten sich bewege, und wegen seines schwachen Lichts für den entferntesten gehalten werden müsse. Die obern Planeten läßt er in Epicykeln gehen, wie (fig. 38.) efgh, deren Mittelpunkt d sich in dem eccentrischen Kreise eabg bewegt. Die Erde t steht vom Mittelpunkte c um die Eccentricität tc ab, und jenseit c liegt in gleicher Entfernung der Punkt m, um welchen der Epicykel mit immer

gleicher

gleicher Winkelgeschwindigkeit umläuft. Während der mittlerern Umlaufszeit wird die Bahn d a b d zurückgelegt; der Epicykel aber wird so durchlaufen, daß der Planet bey jeder Zusammenkunft mit der Sonne in h und bey jeder Opposition in f ist. Daraus ergibt sich der schnelle Lauf bey h, wo so wohl der Mittelpunkt d, als auch der Planet selbst, beyde nach e gehen. Der Rückgang nach f, wo der Epicykel schneller rückwärts nach g geht, als der Mittelpunkt d vorwärts gegen e rückt; und der zweymahlige Stillstand zwischen e f und f g, dessen Orte im 12ten Buche des Almagests geometrisch bestimmt, und mit den Beobachtungen zusammenstimmend gefunden werden. Weil der Mittelpunkt d bey a langsamer, bey b schneller fortgeht, so erklären sich hieraus auch die Ungleichheiten der Stillstände und Rückgänge in den verschiedenen Theilen der Bahn, wenn man c t = c m setzt, wie es die Beobachtungen erfordern.

Für Venus und Merkur folgt der Mittelpunkt d dem Umlaufe der Sonne, und der Epicykel wird in der Zeit zwischen zwey auf einerley Seite der Sonne Statt findenden größten Elongationen durchlaufen. Für Merkur und Mond muß noch die Lage der Eccentricität veränderlich genommen, auch für jenen der Mittelpunkt der gleichförmigen Winkelbewegung von d zwischen c und t gesetzt, und zur Erklärung der Breiten ein Schwanken des eccentrischen Kreises vorausgesetzt werden.

Allein bey dem allen läugnet doch Ptolemäus selbst nicht, daß alle diese Bewegungen sehr verwickelt sind. Doch, sagt er, die Weltkörper wären noch lange nicht so schwer zu bewegen, als es uns schwer fiele, ihre Bewegungen einzusehen; das Einfache im Weltbaue habe eine ganz andere Beschaffenheit, als in den Werken der Menschen, und man müsse immer mehr auf die genaue Darstellung der Erscheinungen Rücksicht nehmen, als auf andere Absichten.

Durch welche Mittel aber alle diese sonderbaren Bewegungen bewirkt werden, gibt das Almagest nicht an. Die Meinung von den in einander steckenden durchsichtigen Sphä-

 ren,

ren, welche sich drehen, und die Planeten mit sich herumführen sollen, gehört nicht dem Ptolemäus, sondern vielmehr dem weit ältern Eudoxus zu. Aristoteles führt sie mit Beyfall an; daher die Bücher des 16ten Jahrhunderts voll von ihr sind. Eudoxus gab jedem Planeten vier Sphären, wovon die eine die tägliche Umdrehung, eine die eigene Bewegung, eine die Veränderung der Breite, und noch eine die Stillstände und Rückgänge bewirkte. Da für Sonne und Mond nur drey Sphären nöthig waren, so zählte er deren 26, welche aber nachher von Kallippus und Polemarch mit Beystimmung des Aristoteles auf 56 vermehrt wurden. Ob nun gleich das Almagest von solchen Ungereimtheiten frey ist, so läßt sich doch bey der Voraussetzung der Unbeweglichkeit der Erde die tägliche Umdrehung der Gestirne schwerlich anders, als durch Einschließung derselben in solche Sphären erklären. Denn außer dem läßt sich nichts angeben, was alle Sterne zugleich in parallelen Kreisen um die Pole zu gehen nöthigte.

Nachdem aber in der Folge die astronomischen Beobachtungen immer sorgfältiger angestellt wurden, so bemerkte man auch, daß dieses ptolemäische System immer mehr von dem wahren Himmelslaufe abwich, indem man mehrere Ungleichheiten in den Beobachtungen der Himmelskörper wahrnahm. Die Araber, welche das ptolemäische System fast alle annahmen, waren genöthigt, mancherley hinzuzusetzen. Man mußte die Sonnen ferner fortrücken lassen, den Mittelpunkten der eccentrischen Kreise neue Bewegungen geben, oder auch neue Epicykel über die vorigen setzen.

Bey allen diesen Mängeln vertheidigten doch noch die Scholastiker nach der Wiederherstellung der Wissenschaften das ptolemäische System mit dem größten Eifer. Die Ueberredung von der Unbeweglichkeit der Erde, welche der sinnliche Schein gewährt, und die besonders mit einigen Stellen der heiligen Schrift überein zu stimmen schien, und die abgöttische Verehrung des Aristoteles waren die Stützen, auf

welchen

welchen dieß System bis zur Mitte des 16ten Jahrhunderts unerschüttert ruhete.

Um diese Zeit hatte Copernicus sein System vollendet, und das ptolemäische bestritten, wovon weiter unten geredet werden soll. Copernicus war zu Thorn den 19. Febr. im Jahre 1473 geboren. Durch den Ruf, welchen sich Regiomontan in der Astronomie erworben hatte, ward er aufgemuntert, selbige ebenfalls zu studieren, welche er in Krakau, und vorzüglich in Italien unter dem Dominikus Maria von Ferrara erlernte. In Rom hatte er einige Zeit als Professor die Mathematik gelehrt, als ihm seiner Mutter Bruder, damahliger Bischof von Ermeland, ein Canonicat im Domstifte Frauenburg verschaffte, wodurch er Muße erhielt, sich ganz der Sternkunde zu widmen.

Hier fielen ihm nun die Mängel der ptolemäischen Weltordnung lebhaft in die Augen. Die sehr verwickelten Hypothesen des Ptolemäus, die unglaublichen Bewegungen der Himmelskörper, welche der natürlichen Einfachheit des Ganzen ganz entgegen waren, und das Ungeheure in der Vorstellung, daß sich der täglichen Umdrehung wegen der unendlich große Raum so schnell herum bewegen sollte; Alles dieß stimmte mit der natürlichen Vorstellung, daß eine solche Anordnung das richtige Werk der einfachen Natur darstellen sollte, schlechterdings nicht überein. Durch die Schriften einiger Weltweisen aus der pythagoräischen Schule soll nun Copernicus auf seine Vorstellungen von der Einrichtung des Sonnensystems gekommen seyn. Die Idee, daß die tägliche Umdrehung des Himmels bloß scheinbar sey, und bloß durch die Umdrehung der Erde um ihre Achse bewirkt werde, fand bey ihm wegen der Einfachheit unwiderstehlichen Eingang, ob er gleich anfänglich sich noch nicht getrauete, auch den jährlichen Lauf der Sonne für scheinbar zu halten. Da er aber nachher beym Martianus Capella fand, daß man schon im Alterthum Merkur und Venus sich habe um die Sonne bewegen lassen, so schien ihm dieß ein ganz neues Licht über die Anordnung des Ganzen zu geben. Er kam

 daher

daher bald auf den Gedanken, daß auch die übrigen Planeten in Bahnen um die Sonne liefen, und fand mit vielem Vergnügen, daß auf solche Art die Stillstände, Rückgänge und verschiedene scheinbare Größen ohne Epicykel sich sehr einfach erklären ließen. Da ihm nun Alles dieß mit der Natur so harmonisch zusammen zu stimmen schien, so glaubte er endlich auch, daß selbst die Erde viel eher um einen so ungeheuren großen Körper, als die Sonne ist, umlaufen müsse, als daß das Gegentheil Statt finden könnte. In dieser Anordnung fand er mit Bewunderung die Einfachheit des Ganzen, und ob er gleich überzeugt war, daß sich die Erscheinungen auch durch den Umlauf der Sonne erklären ließen, wenn diese als Mittel die Bahnen der andern Planeten mit sich herumführte, so schien ihm doch dieß die schöne Ordnung des Ganzen zu stören, in welchem nun alle kleinere Körper um den größern liefen, und nur der Mond der einzige Begleiter der Erde blieb. Er überzeugte sich hiervon schon um das Jahr 1507. Eine lange Reihe von Beobachtungen endlich, und eine Prüfung seines Systems in allen besondern Umständen, gaben seiner Ueberzeugung eine unerschütterliche Festigkeit.

Auf diese Art brachte er endlich sein Werk *) um 1530. zur Vollendung, ob er gleich die Bekanntmachung desselben noch eine geraume Zeit aufschob. Indessen waren seine schönen Gedanken bekannter geworden, und der Cardinal von Schomberg, Bischof von Padua, bath ihn 1536. um die Mittheilung derselben: Georg Joachim, insgemein Rhäticus genannt, gab die Professur der Mathematik zu Wittenberg auf, reisete nach Frauenburg, und erboth sich, zur Vollendung der Sache behülflich zu seyn. Durch diesen sendete endlich Copernicus sein Werk nach Deutschland, wo es zu Nürnberg 1540 in Fol. mit einer Zueignungsschrift an den Papst Paul III. gedruckt wurde. In dieser stellt er die Sache bloß als Hypothese auf, welche die Erscheinungen erkläre und den Weltbau in eine faßlichere Ordnung bringe; aber

*) De orbium caelestium revolutionibus. Libri IV.

aber sein Werk selbst lehrt, daß er diese Weltordnung für die einzige wahre und mögliche bekannt habe. Copernicus starb aber am 24. May 1543. plötzlich an einem Blutsturze, noch ehe sein Werk die Presse ganz verlassen hatte *).

Nach dieser Weltordnung des Copernicus wird die Sonne ins Mittel gestellt, und Merkur, Venus, die Erde, Mars, Jupiter und Saturn laufen in eccentrischen Kreisen um sie herum, deren Halbmesser der Ordnung nach fast, wie die Zahlen 4, 7, 10, 15, 52, 95 wachsen müssen. Alle diese Bahnen werden nach einerley Richtung, die kleinere in kürzern, und die größern in längern Zeiten durchlaufen. Die Erde, welche des Jahrs einmahl um die Sonne läuft, dreht sich zugleich um eine sich immer parallel bleibende Achse, welche mit jeder auf die Ebene der Bahn lothrechten Linie einen Winkel von $23\frac{1}{2}°$ macht. In ihrem Laufe wird sie vom Monde begleitet, der um sie monathlich einen Kreis nach der nähmlichen Richtung beschreibt, dessen Halbmesser im Verhältnisse mit den obigen Zahlen etwa $\frac{1}{40}$ betragen würde. Auch fallen alle diese Bahnen nicht vollkommen in einerley Ebene, obgleich die Winkel, um welche sie gegen einander geneigt sind, nur wenige Grade betragen.

Die Schrift des Copernicus erhielt anfänglich nur von einigen wenigen Astronomen Beyfall. Die Ursache hiervon liegt beynahe allein in den damahligen abergläubischen Zeiten, indem man Alles für ketzerisch hielt, was den Sätzen des Aristoteles entgegen war. Rhäticus besorgte zu Basel eine neue Ausgabe (1566. Fol.) von des Copernicus Schrift, Erasmus Reinhold, Professor zu Wittenberg, berechnete nach dem System und den Beobachtungen des Copernicus neue Tafeln β), Christoph Rothmann verbesserte in seiner Astronomie die ptolemäischen Hypothesen nach diesem Systeme, und Mästlin soll durch eine in Italien gehaltene

*) G. Ge. Rhetici narratio de libris revolut. caelest. Copernici. Gedani 1546. 4.

β) Tabulae Prutenicae caelestium motuum. Witteb. 1551. 4.

Rede selbst den Galiläi zuerst zum Copernicaner gemacht haben, obgleich Mästlin in seinem Lehrbuche bloß das ptolemäische System vorträgt. Diese wenigen waren es, welche im 16ten Jahrhunderte das copernicanische System eines Beyfalls würdig hielten.

Inzwischen hatte doch das System des Copernicus so viel bewirkt, daß man die Mängel der ptolemäischen Weltordnung nicht verkennen konnte. Man war daher bemühet, andere Systeme zu erdenken, an welchen die damahlige Zeit sehr fruchtbar war. Unter diese gehört nun außer den vom Fracastori, Raimund Ursus u. a. auch die Hypothese des Tycho de Brahe. Dieser große ausübende Astronom suchte einen Mittelweg zwischen dem alten und neuen System, indem er aus diesem so viel als möglich war annahm, ohne jedoch dem Aristoteles und der damahligen Schriftauslegung zu widersprechen. Sein System weicht daher in vielen Stücken von dem ptolemäischen Systeme ab, und ist als ein eigenes von ihm ausgedachtes System anzusehen *). Nach seiner Meinung ist die Erde im Mittelpunkte des Fixsternhimmels, um welche sich zunächst der Mond bewegt, in einer größern Entfernung folgt die Sonne, und um diese bewegen sich in immer größern Kreisen die Planeten. Auf diese Art liefe die Sonne, von ihren fünf Planeten begleitet, täglich einmahl um die Erde, und die Planeten um die Sonne. Außer dem beschreibt die Sonne jährlich nach Süden und Norden Schraubengänge, deren Gränzen die Wendecirkel sind, und verursacht dadurch die verschiedenen Jahrszeiten.

Unter den Alten sollen schon einige nicht allein Venus und Merkur, sondern auch alle übrige Planeten, um die Sonne geführt haben, wohin das gehört, was Ptolemäus von Apollonius von Pergam, angeführt hat: er habe die Stillstände und Rückgänge aus einem Umlaufe des Mittelpunktes der Hauptbahn erklärt. Denn eine solche Erklärung nöthigt

*) De mundi aetherei recentioribus phaenomenis liber secund. 1588. 4. und nachh. Pragae 1603.

nöthigt anzunehmen, daß der Mittelpunkt der Bahnen in der Sonne sich befinde. Indessen hat Tycho de Brahe die Vorstellung des Umlaufs um die Sonne nicht von den Alten, sondern von dem Copernicus selbst angenommen. In einer andern Schrift *) gesteht Tycho, daß sich der Planetenlauf aus der bloßen Bewegung der Erde leichter und kürzer, als aus den Epicykeln des Ptolemäus, erklären lasse, daß Copernicus viele Thorheiten und widersprechende Sätze verbessert habe, und daß sein System weit genauer mit dem Himmel zusammenstimme. Er fügt nur noch hinzu, daß das Zeugniß der heiligen Schrift ein unüberwindliches Hinderniß gegen diese Weltordnung sey, und dieß ist auch der vornehmste Grund, womit er dieselbe in seinen Briefen an Rothmann bestreitet. Sonst ist Tycho's System völlig das copernicanische, wenn man aus dem letztern die Bewegung der Erde wegnimmt.

Doch wollte aber Tycho den Schein nicht haben, als ob seine Hypothese eine bloße Abänderung der copernicanischen sey. Er erzählt vielmehr, seine genauen Beobachtungen der Parallaxe des Mars hätten ihm 1582 gezeigt, daß uns dieser Planet in der Opposition weit näher stehe, als die Sonne — ein Umstand, welcher mit dem ptolemäischen Systeme nicht zusammenstimme; da er also weder dieß, noch das copernicanische annehmen könne, so bleibe ihm nichts übrig, als den Mars, und so auch die übrigen Planeten um die Sonne, diese aber um die Erde zu führen.

Tycho's System erklärt zwar alle Erscheinungen allein durch sehr unnatürliche und verwickelte Bewegungen. Es ist unbegreiflich, durch welche Naturkräfte die Bewegung der Sonne und der Planeten in Schraubengängen hervorgebracht werde. Weil die Entfernungen der Himmelskörper von der Erde veränderlich sind, so müßten die Schraubengänge bald enger, bald weiter werden; auch dürfen sie nie über die Wendekreise hinausgehen, sondern die Körper müssen sich, so bald

*) Astronomiae instauratae progymnasmata. Uranib. et Pragae 1602. 4. p. 661.

sie eine Gränze erreicht haben, in neuen Schraubengängen zurückwinden. Niemand hat es gewagt, diese Gänge selbst zu betrachten.

Inzwischen wurde **Tycho's** System mit sehr großem Beyfall aufgenommen, und bewirkte wenigstens so viel, daß die alte Weltordnung gänzlich verdrängt wurde. Seit dieser Zeit theilten sich die Astronomen nur in Copernicaner und Tychoniker. Zu den Tychonikern gehören vorzüglich **Christ. Sever. Longomontan, Joh. Bapt. Riccioli, Ant. Maria de Rheita, Joh. Bapt. Morin, Franc. Mill. Dechales** u. a. mehr. Indessen ging doch **Longomontan**, ein berühmter Schüler des **Tycho**, von seinem Lehrer darin ab *), daß er die tägliche Bewegung der Sterne für scheinbar hielt, und sie vielmehr von der täglichen Umdrehung der Erde um ihre Achse ableitete; denn es war ihm unbegreiflich, zu gedenken, daß der ganze Weltbau eine so schnelle Rotation besitzen könne, deren Umschwung Sterne und Planeten zerstreuen müsse, wofern man nicht feste Sphären annehmen, oder den Sternen mit den Alten geistige Wesen zuordnen wolle. Bey dieser Meinung, welcher auch noch andere zugethan sind, werden die Schraubengänge der Planeten vermieden und die Schwierigkeiten vermindert; wer aber einmahl die Umdrehung der Erde um ihre Achse zugegeben hat, dem werden wenige Gründe noch übrig bleiben, auch an der Umdrehung der Erde um die Sonne zu zweifeln.

Erst zu Anfange des siebenzehnten Jahrhunderts trat der glücklichere Zeitpunkt für das copernicanische System ein. Durch das neu erfundene Fernrohr hatte **Galiläi** das Vergnügen, das Ab- und Zunehmen der Venus und des Merkurs, und vier Jupitersmonde, welche er dem Mediceischen Hause zu Ehren, die **Mediceischen Planeten** (medicea sidera) nannte, zu entdecken. Nun ward es unwidersprechlich gewiß, daß Venus und Merkur um die Sonne laufen, daß alle Planeten für sich dunkle Körper sind, und ihre Erleuchtung von der Sonne erhalten, daß sich Himmelskörper um

*) Astronomia Danica. Amst. 1622. 4.

um ihre Achsen drehen können, daß unsere Erde sich mit ihrem Begleiter, dem Monde, in einem völlig gleichen Falle, wie der Jupiter mit seinen Trabanten, befinde, und daß die Sonne als der einzige leuchtende Körper sich vor allen andern im Systeme auszeichne. Die meisten dieser Entdeckungen machte Galiläi im März des Jahres 1610 in einer kleinen zu Venedig gedruckten Schrift: nuncius sidereus, bekannt. Da diese Schrift des Galiläi die Meinung des Copernicus so sehr begünstigte, und überhaupt das copernicanische System mehrere Vertheidiger in Frankreich, Deutschland und selbst in Italien fand, so fingen die Scholastiker an, schlechte Waffen gegen ihren neu aufgetretenen Feind zu gebrauchen, indem sie dasjenige mit Machtsprüchen zu unterdrücken suchten, was sie mit Gründen nicht mehr vertheidigen konnten. Daher wurde die copernicanische Weltordnung zu Rom öffentlich verdammt, und Galiläi selbst nach Rom vors Tribunal geladen, welcher sich genöthigt fand, zu erklären, daß er bey der alten Lehre bleibe. Von dieser Zeit an war aber Galiläi auf Mittel bedacht, die Wahrheit selbst mit Genehmigung ihrer Gegner zu vertheidigen. In dieser Absicht entwarf er eine schöne Vertheidigung des copernicanischen Systems, die er mit öffentlicher Erlaubniß in seinen Gesprächen über die Weltordnungen [α]) zum Drucke befördern durfte. Diese Schrift, welche in der lateinischen Uebersetzung des Mathias Bernegger [β]) allgemein gelesen wurde, macht nebst einer andern schon vorher erschienenen [γ]) die glorreichste Vertheidigung der copernicanischen Weltordnung aus. Man sollte sich in der That wundern, daß Galiläi mit Genehmigung eine solche Vertheidigung, welche der Meinung der Scholastiker und der Lehre des beliebten Aristoteles entgegen war, öffentlich bekannt machen durfte. Allein

α) Dialogo di *Galileo Galilei* delle due massime sisteme del mondo Tolemaico et Copernicano in Firenze 1632. 4.

β) Dialogi de systemate cosmico 1635. Lugd. 1641. 4.

γ) Novantiqua SS patrum et probatorum Theologorum doctrina de sacrae scripturae testimoniis in conclusionibus mere naturalibus temere non vsurpandis; ital. et. latin. August. 1636. 4.

Allein aus der Vorrede dieser seiner Schrift scheint zu erhellen, daß selbst im Tribunale zu Rom Männer gewesen sind, die ebenfalls von der copernicanischen Weltordnung überzeugt waren, gleichwohl aber diese Meinung öffentlich zu behaupten sich noch nicht getraueten, und welche vielleicht dieserwegen mit dem Galiläi viel Nachsicht mögen gehabt haben, wie dieß besonders aus der milden Strafe, womit ihm nachher das Tribunal belegte, zu erhellen scheint. Galiläi sagt nähmlich in gedachter Vorrede: man sey auswärts der Meinung gewesen, und habe selbst in verschiedenen Schriften zu erkennen gegeben, als wäre die öffentliche Verurtheilung der copernicanischen Weltordnung das Werk eines Tribunals gewesen, dem die Gründe, welche man dafür angeben könne, gänzlich unbekannt geblieben wären; er wolle vielmehr durch die Bekanntmachung seiner Schrift zeigen, daß die Lehrer in Italien eben so gut, als die gelehrtesten Ausländer mit diesen Gründen bekannt wären.

Es ist leicht zu gedenken, daß solche Vertheidigungen des copernicanischen Systems sehr viel Aufsehen machten, und die Scholastiker zur bittern Galle reitzen mußten, da sie auf eine wahrheitsliebende Art das Lächerliche der noch allgemein verehrten aristotelischen Philosophie so offenbar zeigten. Galiläi hatte auch wirklich das Unglück, sich schon im Jahre 1632. zu Rom vor dem Tribunal der Inquisition stellen zu müssen, wogegen ihn sein Landesherr und Gönner, der Großherzog von Toscana, nicht zu schützen wagte. Er wurde beynahe ein ganzes Jahr hindurch mit einer leidlichen Gefängnißstrafe in der Wohnung des französischen Gesandten belegt, und mußte sich am 20. Juni 1633. zu einem förmlichen Widerrufe verstehen, wovon man die Urkunde nebst dem Decret beym Riccioli *) findet. Hierauf ward er zur lebenslänglichen Gefängnißstrafe verurtheilt, welches jedoch im folgenden Jahre in eine Einschränkung seines Aufenthaltes auf dem Florentinischen Gebiethe verwandelt wurde, wo er bis

*) Almagest. nouum. Tom. II. lib. IX. ad fin.

bis an seinen 1642. erfolgten Tod auf seinem Landgute Arcetri wohnte.

Indessen erhoben sich überall heftige Streitigkeiten. **Morin** [α]), Prof. der Mathem. zu Paris, schrieb sehr heftig gegen den **Copernicus**, welchen aber **Gassendi** [β]) in einer Schrift von der mitgetheilten Bewegung vortrefflich vertheidigte. **Morin** schrieb zwar wider diese Schrift einen kleinen Tractat unter dem Titel: alae telluris fractae; allein **Dechales** zeigte, daß er sich darin sehr geirrt, und die wahre Beschaffenheit der Bewegung nicht richtig gefaßt habe. Auch die Sorbonne wollte das copernicanische System in Inquisition bringen, ein einsichtsvolles Mitglied aber verhinderte dieß. Ferner trat der Niederländer **Libert. Formond** [γ]) zu Löwen als Gegner des copernicanischen Systems auf; allein **Phillip Lansberg** [δ]) widerlegte **Formond**, dagegen dieser sich wiederum zu vertheidigen suchte [ε]). Unter allen Gegnern des copernicanischen Systems aber verdient **Johann Bapt. Riccioli** die meiste Achtung. Das copernicanische System vertheidigten vorzüglich **Ism. Boullialdus** [ζ]), **Daniel Lipstorp** [η]) und **Johann Wilkins** [θ]).

Unter allen aber hat wohl keiner einen so großen Antheil an dem Siege des Copernicanischen Systems, als **Kepler**, ob er gleich dasselbe nicht mit Vorsatz vertheidigte. Seine Regeln (m. s. **Keplerische Regeln**) und alle darauf gebaute

α) Famosi et antiqui problematis de telluris motu vel quiete hactenus optata solutio. Paris. 1631. 4.

β) De motu impresso a motore translato. Lugd. Batav. 1649. 4. und in opp. Tom. III. p. 478 sqq.

γ) Antaristarchus s. liber de orbe terrae immobili, quo decretum a congregatione Cardinalium an. 1616. aduers. Copernicanos publicatum defendit. Antverp. 1631. 4.

δ) Commentat. in motum terrae diurnum et annum et in verum mundi aspectabilis typum. Middelb. 1632. 4.

ε) Antaristarchi vindex. Antverp. 1634. 4.

ζ) Philolaus. Libri IV. Amstel. 1634. 4.

η) Copernicus rediuiuus s. de vero mundi systemate liber vnus. Lugd. Batav. 1653. 4.

θ) Copernic defended Lond. 1660. 4. Vertheidigter Copernicus durch Doppelmayr. Leipz. 1713. 4.

baute Theorien, welche sich in der Folge so schön bestätiget haben, setzen diese Weltordnung voraus, und können nur in ihr, und in keiner andern, Statt finden. Ja sie geben erst diesem Systeme seine vollkommene Schönheit und Bestimmtheit, indem sie an die Stelle der eccentrischen Kreise Ellipsen setzen, die Sonne in deren gemeinschaftlichen Brennpunkt ordnen, und die Bewegungen der Himmelskörper auf die einfachsten und allgemeinen Gesetze zurückbringen. Endlich lehrte Newton diese Gesetze als nothwendige Folgen der Centralbewegung und Gravitation kennen. Außerdem haben neuere Entdeckungen, z. B. die abgeplattete Gestalt der Erde, die verminderte Schwere unter dem Aequator, die Abirrung des Lichts u. s. dieß System so allgemein bestätigt, daß es Unwissenheit verrathen würde, es noch bestreiten zu wollen.

Da also das copernicanische System als das einzig richtige anerkannt wird, so ist es nöthig, kürzlich anzuführen, wie die Erscheinungen hiernach erklärt werden. Was nun zuerst die tägliche Umdrehung des ganzen Himmels um die Pole betrifft, so wird diese aus der bloßen Umdrehung der Erde um ihre Achse von Abend gegen Morgen begreiflich. Es sey (fig. 39) a ein Ort auf der Erdfläche, welcher durch die tägliche Umdrehung der Erde um ihre Achse den Parallelkreis ab beschreibt; so wird die Scheitellinie az von a durch diese Bewegung die Seitenfläche eines Kegels czd beschreiben, und der Scheitelpunkt z des Ortes a wird am Himmel den Kreis zd durchlaufen, dessen Punkte insgesammt vom Pole p gleichweit entfernt sind. Da nun die Sterne unbewegt bleiben, so muß der Scheitelpunkt nach und nach alle diejenigen Sterne am Himmel treffen, welche in einem vom Pole p um pz abstehenden Parallelkreise liegen.

Wenn nun aber der Beobachter in a durch keinen irdischen Gegenstand von dem Daseyn einer Bewegung des Bodens belehrt wird, folglich sich und die Erde ruhend glaubt, und sein Zenith z selbst für unbeweglich hält, so wird er urtheilen, daß sich die Sterne im Kreise zd, von welchen er

einen

einen nach dem andern in z erblickt, nach der entgegengesetzten Richtung dz durch dieß unbewegte Zenith hindurch schieben, oder den Kreis dz beschreiben; der Beobachter wird also die Umdrehung seiner selbst und seines ganzen Mittagskreises durch einen Gesichtsbetrug für einen Durchgang der Sterne durch sein Zenith z und durch den ganzen unbewegten Mittagskreis pzqd halten. So scheint es ihm, als drehe sich der ganze gestirnte Himmel um die Weltachse pq von Morgen gegen Abend, oder nach der Ordnung der Zeichen herum.

Auch der jährliche Umlauf der Sonne in der Ecliptik erklärt sich nach dem copernicanischen System aus der umlaufenden Bewegung der Erde in einer Bahn, welche in der Ebene der Ecliptik liegt. Da wir durch den bloßen Anblick der Sonne von ihrer Entfernung keine Belehrung erhalten, so scheint uns selbige allemahl an den Gränzen der Himmelskugel zu stehen, und sich dem Punkte der Erdbahn, in welchem wir selbst sind, gegenüber zu befinden. Da wir nun selbst mit der Erde am Himmel im Kreise jährlich aus der Gegend des Widders in die des Stiers, der Zwillinge, des Krebses u. s. herum bewegt werden, so scheint uns die Sonne nach und nach in die Zeichen der Wage, des Scorpions, des Schützen u. s. w. zu kommen. Indem wir nun unsere eigene Bewegung nicht fühlen, und mithin zu ruhen glauben, so sind wir der Meinung, die Sonne selbst bewege sich an der scheinbaren Himmelskugel jährlich ein Mahl um uns herum. Daraus ist nun auch klar, daß die Ecliptik nichts weiter sey, als die bis an die Gränzen der Himmelskugel erweiterte Ebene der Erdbahn.

Aus der Schiefe dieser beyden Bewegungen erklärt nun **Copernicus** auf eine höchst einfache und vorzüglich schöne Art die verschiedenen Tagelängen, Sonnenhöhen und Jahrszeiten. Man setzt hierbey bloß voraus, daß die Umdrehungsachse der Erde, welche mit der Ebene der Ecliptik einen schiefen Winkel macht, sich immer parallel bleibe. Es stelle (fig. 40.) die punktirte Linie der Erdbahn vor, in deren Mitte

die

die Sonne f steht. Es sey nun die Erde um die Zeit des längsten Tages in ♑, so wird ihr die Sonne gegen über in ♋, oder im Zeichen des Krebses, erscheinen. Hier neigt sich der Nordpol p gerade der Sonne zu; daraus folgt, daß m n, der Parallelkreis des Ortes m in der nördlichen Hälfte der Erdkugel durch die Linie, welche die der Sonne zu gekehrte oder erleuchtete Halbkugel von der andern dunkeln Hälfte absondert, in ungleiche Theile abgetheilt wird; daher der Ort m bey der täglichen gleichförmigen Umdrehung der Erde durch m n länger im hellen, als dunkeln Theile verweilet, folglich längere Tage und kürzere Nächte hat. Zugleich geht die Linie nach der Sonne ♑ f nahe bey n vorbey, oder der Ort m sieht die Sonne zu Mittage nahe bey seinem Scheitelpunkt, mithin in einer großen Mittagshöhe. Zu gleicher Zeit fallen die Parallelkreise der Südländer mehr in die dunkle als erleuchtete Hälfte der Erde, mithin haben diese Länder kürzere Tage und längere Nächte.

Wenn nun die Erde bis ♈ fortgeht, wo sie die Sonne gerade gegenüber in ♎ sieht, wie um die Herbstnachtgleiche, so fällt nun die vorwärts gekehrte Hälfte des Parallelkreises m n genau in den hellen, die zurückgewandte in den dunkeln Theil, und dieß findet bey allen übrigen Parallelkreisen Statt. Daher haben nun alle Oerter der Erde gleiche Tages- und Nachtlänge.

Geht die Erde nach einem Vierteljahre bis ♋, wo sie die Sonne gegenüber in ♑ sieht, wie zur Zeit der Wintersonnenwende, so fällt nun vom Parallelkreise m n nur ein kleiner Theil in die erleuchtete Hälfte der Erde, und der Ort m hat kürzere Tage und längere Nächte; in den Südländern hingegen findet gerade das Gegentheil Statt. Auch geht jetzt die Linie nach der Sonne ♋ f weit bey m vorbey, d. h., der Ort m sieht im Mittage die Sonne weit von seinem Scheitel in einer geringen Mittagshöhe. Wenn endlich die Erde bis zum Zeichen ♎ fortrückt, so sieht man leicht, daß hier alle Oerter, wie in ♈, gleiche Tages- und Nachtlänge haben.

Auf

Auf die nähmliche Art werden sich die Erscheinungen der übrigen Wechsel auf die einfachste Art darstellen lassen. So sieht man leicht, daß der Aequator ar in allen möglichen Stellen der Erdbahn zur Hälfte im erleuchteten Theile liegt, folglich allenthalben gleiche Tage und Nächte hat, daß der Nordpol p von ♎ bis ♈ immer im Hellen, von ♈ bis ♎ immer im Dunkeln bleibt, folglich sein Tag und Nacht ein ganzes halbes Jahr dauern, daß es sich mit dem Südpole q auf die entgegengesetzte Art, übrigens eben so verhält, und daß die Orte um p und q in der Nähe der Stellen ♋ und ♑ perpetuelle ganze Wochen und Monathe dauernde Tage und Nächte besitzen.

Copernicus beging bey dieser sehr natürlichen und einfachen Erklärung aller eben angeführten Erscheinungen nur diesen Fehler, daß er zu Bewirkung der beständig parallelen Lage der Achse pq, außer Umlauf um die Sonne und Umdrehung der Erde um ihre Achse noch eine dritte Bewegung für nöthig hielt, und der Erde beylegte. Tycho machte dagegen den Einwurf, es sey hart, der groben Erdmasse dreyerley Bewegungen zu geben; allein die vermeinte dritte Bewegung fällt gänzlich hinweg, die ganze Sache ist viel einfacher, als Copernicus sich selbst vorstellte. Die Mechanik des Himmels war damahls noch unbekannt, sonst würde Copernicus das Fehlerhafte in der Annahme der dritten Bewegung der Erde sehr wohl eingesehen haben. Inzwischen ist es zu bewundern, daß selbst Neuere diesen Fehler nachgeschrieben haben. Wolf will diese dritte Bewegung durch das Beyspiel eines Schiffs erläutern, welches um eine Insel fährt, und dessen Flagge sich, wenn sie immer parallel bleiben soll, bey jeder Umfahrt einmahl um ihre Spindel drehen muß. Allein in diesem übel gewählten Beyspiele dreht sich nicht die Flagge, sondern vielmehr die mit dem Schiffe fest verbundene Spindel, indem bey der Umfahrt alle Mahl das Vordertheil des Schiffs vorangehen muß, und sich daher nach und nach gegen alle Weltgegenden kehrt. Bey der Erdkugel gibt es aber kein solches Vor-

dertheil, welches stets vorangehen müßte. Drehete sie sich nicht um ihre Achse, so würde sie im Himmelsraume fortgehen, wie ein Schiff auf dem Wasser, das sein Vordertheil beständig gegen Mitternacht kehrt, wobey denn auch die Umdrehung der Flagge an der Spindel wegfallen würde.

In Ansehung des Laufs der Planeten vermeidet zwar Tycho's System das schlechte Hülfsmittel der Epicykel dadurch, daß es die Sonne, als den Mittelpunkt der Bahnen, in einem zweyten Kreise um die Erde gehen läßt; allein weit einfacher und natürlicher werden die ungleichen Geschwindigkeiten, der Stillstand und Rückgang der Planeten, als optische Täuschung des wirklich bewegten und doch zu ruhen scheinenden Beobachters in dem copernicanischen System angesehen. M. s. den Artikel Jupiter (Th. III. S. 23.).

Nimmt man auch darauf Rücksicht, daß die Planetenbahnen nicht in der Ebene der Ecliptik selbst liegen, sondern dieselbe unter kleinen Neigungswinkeln in Knotenlinien schneiden, so lassen sich mit hinzugenommener Bewegung der Erde auch die Erscheinungen der Breiten mit völlig befriedigender Genugthuung erklären.

Weil der Mond seinen Umlauf um die Erde selbst macht, so kann er auch keine Stillstände und Rückgänge zeigen, welches auch wirklich so erfolgt; es zeigen sich bloß Ungleichheiten seines rechtläufigen Fortganges und Veränderung seiner Breite, wovon jene erst durch die von Kepler und Newton angeführten Gründe richtig erklärt worden sind, diese aber von der Neigung der Mondbahn gegen die Ecliptik herrühren.

Die Einwürfe, die man der copernicanischen Weltordnung entgegen gestellt hat, sind kürzlich folgende: Die Behauptung der Peripatetiker, daß unsere Erde im Mittelpunkte ruhe, beruhet größten Theils auf die schon von Aristoteles angeführten und willkürlich angenommenen Gründe, z. B, daß alles Schwere nach dem Mittelpunkte des Ganzen falle, das Leichte ein Bestreben habe, aufwärts zu gehen, daß alle himmlische Körper kreisförmige, alle irdische geradlinige Bewegungen zeigen, daher die Erde gar keiner Kreisbewegung

fähig

fähig sey. Copernicus beantwortete diese Sätze freylich noch sehr unvollkommen, indessen zeigt doch schon seine Beantwortung Spuren der allgemeinen Schwere.

Ptolemäus führt einen Umstand an, welchen nachher Tycho als einen nicht unwichtigen Einwurf gegen das copernicanische System machte, daß wir nähmlich eine ganze Hälfte des Himmels über dem Horizonte sehen, und von entgegengesetzten Stellen der Sphäre die eine in eben dem Augenblicke aufgehe, in welchem die andere untergehe, und daß folglich die Erde im Mittelpunkte des Ganzen stehen müsse. Diesen Einwurf hatte man schon dem Aristarch von Samos gemacht, welcher aber sehr richtig antwortete, die Erdbahn verhalte sich zur Entfernung der Fixsterne wie der Mittelpunkt einer Kugel zu ihrem Halbmesser *); d. h., die ganze Erdbahn sey gegen die Entfernung des Fixsterns unendlich klein, oder als ein Punkt zu betrachten. Eben dieß führt auch Copernicus in einem eigenen Kapitel gegen den Ptolemäus an. Dieser Einwurf gründet sich bloß auf einen gänzlichen Mangel aller Parallaxe der Fixsterne, den man nachher unter andere Gestalten mehrmahls angeführt hat. Die Antwort bleibt aber immer dieselbe, daß nähmlich die Entfernung der Fixsterne unermeßlich, und dagegen unsere Erdkugel nur als ein Punkt zu betrachten sey. Diese unmeßbare Entfernung der Fixsterne von unserer Erde macht einen wesentlichen Theil der copernicanischen Weltordnung aus. Ohne sie würde die sich immer parallel bleibende Weltachse nicht immer einerley Stelle am Himmel treffen, sondern jährlich einen kleinen Kreis beschreiben, welches an den Stellungen der Sterne gegen den Pol bemerkt werden müßte. Es glaubte zwar Horrebow wirklich so etwas zu finden, und den Copernicus dadurch auf eine andere Art zu vertheidigen; genauere Beobachtungen aber widerlegten dieß; indessen gab es doch die Veranlassung zu einer weit siegreichern Bestätigung des copernicanischen Systems. M. s. Parallaxe der Erdbahn, Abirrung des Lichtes.

*) S. *Archimedis* Arenarius, in *Io. Wallisii* opp. Tom. III. p. 514.

Tycho frägt nun zwar, wozu die Verschwendung so ungeheurer Räume dienen sollte? Allein ohne Zweifel war eine solche ungeheure Entfernung darum nöthig, damit die Gravitation der Planeten gegen die Fixsterne unmerklich werde, und die Systeme einander nicht stören sollten.

Ein anderer Einwurf gegen die Umdrehung der Erde ist daher genommen, daß man unter frey schwebenden, fallenden oder geworfenen Körpern in der Luft kein Fortrücken des Bodens von Abend gegen Morgen bemerke. Eine an der Abendseite eines Thurms fallen gelassene Kugel falle genau an dem Fuße desselben nieder, da doch indessen der Thurm weit gegen Morgen fortgerückt seyn müsse. Tycho, Riccioli u. m. a. haben dergleichen Einwürfe gegen das copernicanische System gemacht.

Allein schon Ptolemäus selbst, Galiläi, Kepler antworten hierauf ganz richtig, daß Alles, was der Erde zugehöre, sich mit derselben auf gleiche Art bewege, daß mithin die in der Luft schwebenden Körper in Rücksicht unserer Erde als ruhend angesehen werden müssen, und daher die Bewegung durch den freyen Fall gerade so erfolgen müsse, als ob die Erde mit Allem, was sie enthalte, ruhe. Auf solche Art werde, sagt Galiläi, ein Stein von der Spitze des Mastbaumes eines auf dem Wasser so wohl ruhenden, als im vollen Laufe gehenden Schiffes fallen gelassen genau am Fuße desselben niederfallen u. s. f. Gleichwohl hatten noch einige behauptet, daß sich die Körper auf schnell segelnden Schiffen ganz anders, als sonst, bewegten. Dadurch ward Gassendi veranlaßt, Versuche darüber im Hafen zu Marseille anzustellen, welche aber ganz für die Meinung des Copernicus ausfielen, und in der Schrift de motu impresso a motore translato beschrieben sind.

Noch andere von Tycho beygebrachte Einwendungen sind jetzt viel zu unbedeutend, als daß sie noch angeführt zu werden verdienten.

Riccioli, welcher 77 Gründe der copernicanischen Ordnung entgegenstellet, hält folgenden für den wichtigsten, und glaubt

glaubt sogar, dieselbe dadurch mit mathematischer Evidenz zu widerlegen; bey ruhender Erde nähmlich würden sich die Räume fallender Körper von jeder Sekunde zur andern wie 1, 3. 5, 7, 9 u. f. verhalten; wenn sich aber die Erde in jeder Sekunde gleich weit drehete, so würden diese Räume sich in Diagonalen von Parallelogrammen verwandeln, wovon die horizontalen Seitenlinien einander gleich, die vertikalen aber im Verhältnisse der Zahlen 1, 3, 5, 7 u. f. wären. Nun läßt sich darthun, daß diese Diagonalen sich ganz anders gegen einander verhalten, und, wenn die Umdrehung schnell erfolge, beynahe sich gleich seyn müßten. Mithin müßte die absolute Bewegung des fallenden Körpers fast gleichförmig seyn, und er müßte eine horizontale Fläche mit gleicher Kraft stoßen, ohne Unterschied, ob er von einer großen oder geringern Höhe herabgefallen wäre. Allein Riccioli hat nicht daran gedacht, daß die Kraft des Stoßes zugleich vom Winkel abhängt, und daher die Diagonalen wieder in die beyden Seiten zerlegt werden müssen, wovon nur die vertikalen allein die Wirkung des Stoßes ausdrücken. Diese vertikalen Seitenlinien sind aber die Fallräume, welche sich wie die Zahlen 1, 3, 5, 7, 9 u. f. verhalten. Die horizontalen Seitenlinien fallen gänzlich hinweg, weil der fallende Körper mit der Bewegung der Erde gleichförmig fortgeht. Es fällt daher auch dieser Grund gegen das copernicanische System gänzlich hinweg.

Was endlich die Zeugnisse der heiligen Schrift betrifft, welche **Tycho** und **Riccioli** der Bewegung der Erde so ernstlich entgegensetzten, so stehen diese Josua 10, 13. Psalm 92, 1. Psalm 103, 5. Pred. Salomon 1, 5. Jesaias 34, 8. Richter 5, 20. Drittes Buch Esra 4, 38. Es sind aber alle diese schon hinreichend von Paul Anton Foscarini [a]) und **Kepler** beantwortet worden.

[a]) Epistola circa Pythagoricorum et Copernici opinionem de mobilitate terrae et stabilitate solis et de noua systemate s. constitutione mundi, in qua sacrae scripturae auctoritates aduersus hanc opinionem adductae conciliantur; ex Ital. in lat. conuersa 1615. 4.

Dagegen sind nach Copernicus Entdeckungen gemacht worden, welche als direkte Beweise von der Richtigkeit seines Systems dienen. Schon die Einfachheit, womit alle Erscheinungen so schön begriffen werden, gibt dieser Weltordnung das günstigste Vorurtheil, indem kein einziges System weiter da ist, das die Phänomene so einfach, natürlich, begreiflich und mit den Naturgesetzen so übereinstimmend erklärte, als eben das copernicanische.

Was nähmlich die Umdrehung der Erde um ihre Achse betrifft; so erklärt sich daraus so natürlich die Bewegung aller Gestirne, indem man gar nicht das weit mehr Unbegreiflichere voraussetzen darf, daß die Sterne selbst in verschiedenen Parallelkreisen um die Pole geführt würden. Denn in dem letztern Falle läßt sich nicht einsehen, wie eine unzählbare Menge von Sternen solche eigene Bewegungen besitzen können, daß sie in Beziehung eines einzigen Punktes des Weltalls so erfolgen, daß die Sterne beständig einerley Lage gegen einander behalten könnten. Als fernere Beweise für die Umdrehung der Erdkugel um ihre Achse sind die durch Fernröhre beobachteten Umdrehungen der Sonne, des Jupiters, Mars, der Venus um ihre Achsen, und die wahrgenommene verminderte Schwere um den Erdäquator, nebst der abgeplatteten Gestalt der Erde; denn diese Erscheinungen lassen die ganz richtigen Folgen zu, daß sich die Erde um eine Achse drehen muß. M. s. **Erdkugel, Pendel, Schwere, Schwungkraft.**

In Ansehung des Umlaufs der Erde um die Sonne spricht zuerst wieder die große Einfachheit, wodurch die Verbindung der täglichen Bewegung mit dem eigenen jährlichen Gange der Sonne, die Abwechselungen der Tageslängen und Jahrszeiten, das Stillstehen und Zurückgehen der Planeten, ihre verschiedenen Entfernungen und scheinbaren Größen u. s. f. erklärt werden, ohne die Epicykel der Alten, oder die Schraubengänge des Tycho anzunehmen; Bewegungen, welche sich schwer erklären und begreifen lassen. Ueber dieß ist es der Analogie gemäß, daß die Erde als dunkler und kleinerer

Körper eben so gut, wie alle übrige Planeten, um die weit größere Sonne geführt, und von selbiger erleuchtet werde.

Durch die keplerischen Regeln erhielt ferner das copernicanische System eine vorzügliche Stütze. Das Gesetz, daß sich die Quadratzahlen der Umlaufszeiten wie die Würfel der Entfernungen vom Mittel verhalten, wird in dem copernicanischen System allgemein. Wenn nach dem System des **Tycho** die Erde wirklich im Mittel wäre, um welches Sonne und Mond sich bewegten, so würde diese Regel nicht zutreffen. Denn alsdann hätte die Sonne eine beynahe 13 Mahl größere Umlaufszeit, als der Mond, ihre Entfernung aber wäre 400 Mahl größer, als die des Mondes. Daher fehlte sehr viel an der Richtigkeit dieser Regel, nach welcher hier die Quadratzahl von 13 der Cubikzahl von 400 gleich seyn sollte. Da nun dieß Gesetz eine nothwendige Folge des Gesetzes der Gravitation der Centralbewegung ist, so sieht man, daß **Newton's** Mechanik des Himmels bloß im copernicanischen, und in keinem andern Systeme, anwendbar sey.

Endlich gibt die entdeckte Abirrung des Lichts einen völlig direkten Beweis von der wirklichen Bewegung der Erde in einer jährlichen Bahn ab. M. s. **Abirrung des Lichtes.**

Eine vollständige und genaue Darstellung unsers Sonnensystems nach verschiedenen astronomischen Tafeln findet sich in der Sammlung astronomischer Tafeln, welche zu Berlin 1776. herausgekommen ist, aus welcher hier die vornehmsten Angaben der Hauptplaneten nebst den des Uranus beygefügt sind:

Abstände von der Sonne.
in Halbmessern der Erdbahn

	Größter	Mittlerer	Kleinster
Merkur	0,46670	0,38710	0,30750
Venus	0,72843	0,72333	0,71318
Erde	1,01680	1,00000	0,98320
Mars	1,66587	1,52369	1,38151
Jupiter	5,45375	5,20098	4,94821
Saturn	10,07147	9,53937	9,00727
Uranus	20,07918	19,18362	18,28806

Eccentricitäten.

	In Halbmessern der Erdbahn	In Theilen ihres mittlern Abstandes v. d. Sonne
Merkur	0,07960	0,20563
Venus	0,00510	0,00706
Erde	0,01680	0,016802
Mars	0,14218	0,09331
Jupiter	0,25277	0,04860
Saturn	0,53210	0,055779
Uranus	0,89556	0,0466837

Sonnenfernen.

	Ort für 1750 den 1. Jan.				jährl. Bewegung	
Merkur	8 Z.	13°	33′	3″	1′	10″
Venus	10	8	13	0	2	30
Erde	9	8	39	9	1	6
Mars	5	1	28	24	1	7
Jupiter	6	10	22	31	1	2
Saturn	8	29	54	30	1	30
Uranus	11	47	6	44	den 1. Jan 1784.	

Neigung und Knoten der Bahn.

	Neigung			Ort des ☊ für 1750. den 1. Jan.				jährl. Bewegung.	
Merkur	7°	0′	0″	1 Z.	15°	21′	15″	0′	45″
Venus	3	23	20	2	14	26	18	0	31
Mars	1	51	0	1	17	36	30	0	40
Jupiter	1	19	10	3	8	16	0	1	0
Saturn	2	23	20	3	21	31	17	0	30
Uranus	0	46	16	2	12	46	47	f. 1. Jan. 1784.	

Umlaufszeiten.

	Siderische				Tropische				Synodische			
	T.	St.	M.	S.	T.	St.	M.	S.	T.	St.	M.	S.
Saturn	87	23	15	37	87	23	14	26	115	21	3	22
Venus	224	16	49	13	224	16	41	32	583	22	7	6
Erde	365	6	9	11	365	5	48	45½	—	—	—	—
Mars	686	23	30	43	686	22	18	27	779	22	28	26
Jupiter	4332	8	51	26	4330	8	58	27	398	21	15	45
Saturn	10761	14	36	42	10749	7	21	50	378	2	8	8
Uranus	—	—	—	—	30589	8	38	24	—	—	—	—

Durch-

Durchmesser und Größen.

	Scheinbarer Durchm. im mittleren Abst.	Wahrer Durchmesser	körperliche Größe
Sonne	31′ 57″,5	112,79	1435025
Merkur	17, 5	0,41	0,7
Venus	23 —	0,97	0,91
Erde	17 —	1,00	1
Mars	6 $\frac{1}{2}$	0,67	0,3
Jupiter	37	11,39	1479
Saturn	18	10,10	1030
Saturnusring	42	23,57	— —
Uranus	4′ —	4,21	75

	Zeit der Umwälzung			Dichtigkeit	Masse
Sonne	25 T.	12 St.		0,250	304355
Merkur	—	—		2,038	0,1
Venus	23 St.	20 M.		1,270	1
Erde	23 —	56 —	3 $\frac{1}{2}$ S.	1,000	1
Mars	24 —	40 —	—	0,730	0,12
Jupiter	9 —	57 —	—	0,292	364
Saturn	—	—	—	0,184	156
Uranus	—	—		0,2	17,7

Diesen Angaben zu Folge lassen sich sinnliche Vorstellungen des Sonnensystems durch Zeichnungen oder Modelle darstellen. Eine schöne Abbildung dieser Art hat Herr Bode seiner Anleitung zur Kenntniß des gestirnten Himmels beygefügt, und deren Gebrauch zur Bestimmung des jedesmahligen Standes der Planeten im Buche selbst gelehrt.

Es ist hierbey merkwürdig, daß die Planetenbahnen vom Merkur bis zum Mars so nahe an einander liegen, dann aber auf einmahl bis zum Jupiter ein sehr großer Abstand folgt. Man ist daher der Meinung, daß wohl zwischen Mars und Jupiter noch ein Planet seyn könne. Die Entfernungen der Planeten von der Sonne scheinen nach folgender Reihe zu wachsen:

Merk.	Venus	Erde	Mars	Jupiter	Saturn	Uranus
4;	4+3;	4+2.3;	4+4.3;	4+16.3;	4+32.3;	4+64.3,

 worin

worin das Glied 4 + 8 . 3 fehlt. Auffallend ist es übrigens, daß sich der Abstand des Uranus an diese Reihe, welche schon lange vor dessen Entdeckung bekannt war, so vollkommen anpaßt.

Auch hat man sonst das Sonnensystem und die gegenseitigen Lagen seiner Körper durch Scheiben dargestellt, welche sich um einen Mittelpunkt drehen lassen, und Planetolabien heißen. Sie haben eine Aehnlichkeit mit den Joviabien. M. s. Nebenplaneten. Ein Werk dieser Art auf 59 Platten hat Peter Apian α), aber nach ptolemäischen Voraussetzungen, herausgegeben. Lothar Zumbach, genannt Korsfeld β), hat für die copernicanische Weltordnung dergleichen Scheiben in Kupferstichen auf Pappe zu ziehen geliefert.

Auch hat man die himmlischen Bewegungen durch künstlichere Maschinen, vermittelst Räderwerk u. dgl. darzustellen gesucht. Aeltere Kunstwerke dieser Art werden dem Archimed und Posidonius zugeschrieben γ). Beym Huygens δ) findet sich eine Beschreibung einer solchen Maschine von seiner eigenen Erfindung. Die Engländer pflegen dergleichen Maschinen Orrery zu nennen, ein Nahme, dessen Ableitung ihnen selbst nicht bekannt scheint, Richard Sterle soll ihn einem solchen Werke gegeben haben, das Lord Orrery besessen; Herr Kästner bemerkt aber, ein Uhrmacher John Smith rühme Samuel Watson als Verfertiger des rare celestial orbitery, das Königinn Maria besäße, und das jetzt gebräuchliche Wort sehe einer Abkürzung von diesem sehr ähnlich. Auch Martin ε) handelt von solchen Weltmaschinen. Eine sinnreiche Maschine dieser Art hat der Pastor Hahn im Wirtembergischen erfunden ζ).

Wohl-

α) Astronomicum caesareum. Ingolst. 1540. Fol.

β) Paradox. nouum mechan. astron. Planetolabium. Leid. 1691. 4. Amst. 1700.

γ) S. Cicero Tuscul. quaest. L. I. de nat. Deor. L. II.

δ) Descriptio automati planetarii in s. opp. reliq. Amst. 1728. 4. T. II. p. 175.

ε) Philos. Britan. der deutsch. Uebers. Th. III. S. 196.

ζ) S. Vischer's Beschreibung einer astronom. Maschine. Stuttg. 1770. 8.

Wohlfeiler sind die nürnbergischen Vorstellungen dieser Art, wo die Planeten mit der Hand herumgeführt werden. Auch verfertigt Herr **Bode** seit 1788. sehr bequeme Planetenmaschinen, oder Modelle vom Sonnensysteme, um einen billigen Preis. Uranus und alle Nebenplaneten, den Mond mitgerechnet, sind daran nur zum Fortschieben, die übrigen Hauptplaneten werden durch Räderwerk bewegt. Eine Verbesserung derselben, z. B. durch eine leichte Veränderung des Räderwerks auch den Mond mit in Bewegung zu setzen, die Körper durch Kugeln von verhältnißmäßiger Größe darzustellen u. s., lehrt Herr Prof. **Wildt** in Colmar [α]).

Nollet [β]) gebrauchte in seinen Vorlesungen einen Apparat zur Weltmaschine, welcher zwar nicht Alles zugleich, wie das Orrery, zeigte, aber doch die Bewegungen jedes Planeten besonders, mit geringern Kosten und fast größerer Deutlichkeit darstellte. Auch Herr **Riedel** zu Leipzig [γ]) hat eine Maschine dieser Art angegeben, an welcher die Bewegungen der Sonne, Erde und des Mondes angezeigt werden. Die englischen Künstler nennen solche Maschinen ein Tellurium. Ein solches von **Adams** verfertigtes, beschreibt ein holländischer Künstler, Herr **Aeneä** [δ]). Ferner gibt Herr **Geißler** [ε]) eine Beschreibung von einer Uhr, welche Umdrehung der Erdkugel und Bewegung des Mondes, auch die Phasen des letztern dem Zeitmaße nach mit großer Schärfe angibt. Eine ähnliche Maschine ist die vom Abbé le **Bris** zu Paris bewegliche copernicanische Sphäre [ζ]).

M. s. *Copernici* de orbium caelestium reuolutionibus libri VI. Norimb. 1543. Fol. *Weidler* historia astrono-

α) Nachricht von einer weitern Vervollkommnung des Bodenschen Planetariums, im Gothaisch. Magazin, B. VIII. St. 4. S. 114 f.

β) Leçons de phys. exper. P. VI.

γ) Die Verbindung der Sonne, Erde und des Mondes in einem Modelle dargestellt. Leipz. 1785. 8.

δ) Beschreibung u. Gebrauch eines von Adams verfert. Telluriums, ins Deutsche übers. von Tob. Mayer. Nürnb. 1789. 4.

ε) Nachricht von einem particulären Automate in Verbindung mit dem Monde, im Gothaisch. Magazin, B. VI. St. 2. S. 93.

ζ) Gothaisch. Magazin. Ebendas.

astronomiae. Witeb. 1741. 4. an mehreren Stellen. *Montucla* histoire des mathematiques. T. I. an versch. Stellen. De la Lande astronom. Handbuch, a. d. Franz. Leipz. 1775. 8. §. 370 f. **Bode** kurzgefaßte Erläuterung der Sternkunde. Berlin 1778. 8. Th. I. §. 363 u. f. Sammlung astronomischer Tafeln unter Aufsicht der königl. preuß Akad. der Wissensch. Berlin 1776. 8. B. I. S. 1 — 11. **Kästner** Anfangsgründe der Astronomie. Götting. 1792. 8. §. 265. **la Place** Darstellung des Weltsystems. Th. II. Frankf. a. M. 1797. 8. S. 187 ff.

Wendekreise, Wendecirkel (tropici, tropiques) sind zwey kleinere Parallelkreise auf der Himmels- und Erdkugel, welche von dem Aequator um das Maß der Schiefe der Ecliptik, oder fast um $23\frac{1}{2}^\circ$ abstehen. Da also die Wendekreise mit dem Aequator parallel sind, so gehören sie an der scheinbaren Himmelskugel zu den Tagekreisen, und sind allenthalben von den Polen $66\frac{1}{2}^\circ$ entfernt.

Am Himmel berühren die beyden vom Aequator entferntesten Punkte der Ecliptik, welche ebenfalls um das Maß ihrer Schiefe abstehen, und einander gerade entgegengesetzt sind. Dieß sind die Punkte der Sonnenwenden, oder die Anfangspunkte der Zeichen des Krebses und des Steinbocks, von welchen der nördliche Wendekreis, **Wendekreis des Krebses** (tropicus cancri, tropique du cancer), der südliche der **Wendekreis des Steinbocks** (tropicus capricorni, tropique du capricorne) genannt wird. Weil sich die Sonne an den Tagen der Sonnenwenden sehr wenig von den Wendekreisen entfernt, so wird sie selbst durch die tägliche Bewegung im Wendekreise herumgeführt. Es sind daher die Wendekreise an den Tagen der Sonnenwenden die Tagekreise der Sonne. Zwischen diesen beyden Kreisen liegt eine Zone am Himmel, innerhalb welcher die Sonne sich beständig befindet.

Auf der Erdkugel schließen die beyden Wendekreise die heiße Zone zwischen sich ein, und geben zugleich die Gränzen der gemäßigten Zonen ab. M. s. **Erdstriche**. Der Wendekreis

kreis des Krebses geht durch den obern breitesten Theil von Africa, Egypten, das rothe Meer, das wüste Arabien, durch Indien, den südlichen Theil von China und Neuseeland über das stille Meer, durchschneidet America in Mexico, und läuft durch die Antillen und den atlantischen Ocean bis wieder an Africa. Es geht also die Sonne am 21. Juni jeden Jahres durch den Scheitelpunkt aller dieser Oerter. Der Wendekreis des Steinbocks schneidet Africa im Lande der Hottentotten, geht durch Madagascar im indischen Weltmeere weit unter Asien hinweg, durch Neuholland in die Südsee, schneidet America in Paraguay und an der südlichen Spitze von Brasilien, und läuft unterhalb der Insel St. Helena wieder bis an Africa. Demnach geht die Sonne am 21. Dec. durch den Scheitel aller dieser Orte.

Weil die Schiefe der Ecliptik veränderlich ist, so ist hiermit auch die Stelle der Wendekreise und die Größe der heißen Zone einer Veränderung unterworfen, sie ist aber so gering, daß man sie in der Geographie gewöhnlich ohne merklichen Fehler vernachlässiget.

West, Westen s. Abendpunkt.
Wetterbeobachtungen s. Meteorologie.
Wetterglas s. Barometer.

Wetterharfe, Riesenharfe, Aeolusharfe, Windharfe. Diesen Nahmen führt eine Vorrichtung, welche aus ausgespannten Saiten besteht, die dem Winde oder Wetter ausgesetzt Töne von sich geben. Gewöhnlich wird **Kircher** [a]) für den Erfinder der Windharfe angegeben. Das Ideal aber, durch ein Saitenspiel dem Winde ausgesetzt harmonische Töne hervorzubringen, ist seit **Kircher's** Zeiten wenig oder gar nicht ausgeführt worden, bis endlich vor einigen Jahren in England wieder daran gedacht worden ist. Herr **Lichtenberg** gibt aus **William Jones** [β]) folgende Nachricht davon:

Es

a) Phonurgia. p. 148.
β) Physiological disquisitions or discourses on the natural philosophy of the elements. Lond. 1781. 4.

Es hatte Pope im Eustathius bemerkt, daß der Wind, wenn er auf gespannte Saiten stoße, harmonische Töne hervorbringe. Dadurch ward ein schottischer Componist veranlaßt, Oswald, die Sache zu versuchen, hörte endlich nach vielen vergeblichen Versuchen seine Laute tönen, als sie an die Öffnung eines nur etwas gelüfteten Aufschiebefensters gelegt war, und machte daraus den Schluß, daß Alles auf einen dünnen, aber breiten, Luftstrom ankomme.

Er spannte also in einem schmalen, etwas hohen und langen Kasten von trockenem Tannenholze, welcher unten einen Resonanzboden hat, über zwey Stege, die nahe an den schmalen Enden einander gegenüber liegen, acht bis zehn Darmsaiten, alle im Einklange, nicht allzustraff auf. Eine der breiten Seiten läßt sich aufschieben, so daß man einen dünnen, aber breiten, Luftstrom quer auf die Seiten leiten kann. Um diesem den Durchgang zu verschaffen, kann der obere schmale Boden, wie ein Pultdeckel, aufgehoben werden, der an beyden Seiten noch Flügel hat. So eingerichtet, wird das Instrument mit der Oeffnung am Schieber dem Winde ausgesetzt. So bald dieser durchzieht, tönt es: die tiefsten Töne sind die des Einklanges, aber so, wie sich der Wind mehr hebt, entspringt eine Mannigfaltigkeit entzückender Töne, die alle Beschreibung übertrifft.

Ferner hatte Herr Hauptmann Haas zu Basel aus seinem Gartenhause 15 Eisendrähte über dem Garten hin nach dem Hofe gespannt, die 320 Fuß lang sind. Sie stehen ungefähr zwey Zoll von einander ab; die dicksten haben 2 Linien im Durchmesser, die mittlern $1\frac{1}{2}$, und die dünnsten sind 1 Linie stark. Sie liegen in der Mittagsfläche, machen mit dem Horizont einen Winkel von 20 bis 30 Graden, und sind durch Walzen mit Stirnrädern und Sperrhaken stark gespannt. Bey jeder Veränderung des Wetters tönen diese Saiten; bald glaubt man den Ton eines Theekessels zu hören, ehe das Wasser in selbigem siedet, bald eine Harmonika, bald ein fernes Geläute, bald eine Orgel. Oft wird das Getöne so stark, daß das Concert im Gartensaale dadurch gestört

wird.

wird. Herr Haas hat dieser Wirkung wegen der Vorrichtung den Nahmen der Wetterharfe gegeben.

Der eigentliche Erfinder dieser ganz eigenen Vorrichtung ist der P. Ventan, Probst zu Bürckli unweit Basel. Dieser schoß zuweilen aus dem Fenster nach einer Scheibe, mochte aber nicht nach jedem Schusse zur Scheibe gehen, hing daher selbige an einem langen Eisendraht auf, um sie daran herbey und wieder zurückziehen zu können. Nun bemerkte er des Nachts, daß dieser Draht zuweilen tönte. Er ward darauf aufmerksamer, und er fand, daß jeder Eisendraht, wenn er mit der Mittagslinie parallel gespannt wird, bey jeder Aenderung des Wetters Töne von sich gebe. Messingdraht tönte nicht, eben so wenig Eisendraht von Osten nach Westen gespannt.

Herr Lichtenberg sucht die Ursache dieser Erscheinung entweder in der Bewegung der Luft, oder in Veränderung der Drähte durch Hitze und Kälte, oder in verschiedener Spannung derselben durch Feuchtigkeit, welche auf das Gebäude wirkt, woran sie fest gemacht sind. Alle diese Ursachen können seiner Meinung nach stoßweise wirken. Das regelmäßige Knacken der Ofenplatten und der eisernen Ofenthüren beym Einheitzen und Erkalten zeige, daß diese Ausdehnungen beym Eisen ruckweise erfolgen, wodurch ein Prallen und ein Ton entstehen könne, welcher bey dem empfindlichern Messinge, dessen Ausdehnung steter sey, nicht Statt finde. Vorzüglich müsse man aber die Bewegung der Luft beabsichtigen, welche auch kleine Zweige oder Hälmchen in Schwingungen bringe, mithin auch lange Saiten durch wellenförmige Bewegung tönen machen könne. Daß von der Spannung von Osten nach Westen kein Ton entstanden sey, beweise noch nichts für einen vermutheten Magnetismus, bis erst ausgemacht sey, ob alle übrige Umstände gleich gewesen, welches kaum zu erwarten stehe.

Herr Chladni hat bewiesen, daß die Saiten oder ihre aliquoten Theile sich auch nach der Richtung ihrer Länge in sich selbst zusammenziehen und wieder ausdehnen, und auf solche

solche Art nach ganz andern Gesetzen tönen, als durch die gewöhnlichen Lateralschwingungen. M. s. **Ton.** Nach der Meinung des Herrn **Hindenburg** a) ist die Wetterharfe ein Instrument, welches dergleichen Längentöne gibt, und zugleich an Länge und Dicke der Saiten alle andere besaitete Instrumente übertrifft, welche ihre Töne durch Lateralschwingungen hervorbringen.

M. s. Taschenbuch zum Nutzen und Vergnügen für das Jahr 1789. beym Göttingischen Taschenkalender d. J. S. 129 — 132. für das Jahr 1792. S. 137 — 145.

Wetterleiter, Blitzableiter.

Wetterleuchten (fulguratio, eclair sans tonnerre et d'une lumière diffusée) ist eine Art von Blitz, wobey sich kein Donner hören läßt, auch keinen gedrungenen Feuerstrahl wahrnimmt, sondern nur einen in der Atmosphäre sich verbreiteten und gleich wieder verschwindenden Lichtschimmer sieht. Gewöhnlich pflegt man bey dieser Erscheinung zu sagen: **das Wetter kühle sich.**

Das Wetterleuchten unterscheidet sich von dem wahren Blitzen und Wetterstrahlen vorzüglich darin, daß man auch in der größten Nähe einen bloßen in die Breite und Länge sich ausdehnenden bald schwächern bald hellern Lichtschimmer, ohne allen Knall, wahrnimmt, ob man gleich wirkliche Blitze, deren Donner wegen der großen Entfernung nicht mehr zu hören im Stande ist, für wirkliches Wetterleuchten halten kann, wovon Herr **Kästner** b) bey einem wegziehenden Gewitter überzeugende Bemerkungen gemacht hat.

Das Wetterleuchten hat vorzüglich Statt, wenn sich die Atmosphäre schon durch wirkliche Gewitter abgekühlt hat, und wird am meisten von der Abenddämmerung an bis zur Morgendämmerung bemerkt. Indessen ist diese Erscheinung an einigen Orten innerhalb der Wendekreise ein eben so gewöhnliches Phänomen, als das Nordlicht innerhalb des nördlichen

a) Archiv der reinen und angew. Mathematik. Heft I. 1794. 8. S. 128.
b) Neues Hamb. Magaz. B. VI. S. 387.

lichen Polarkreises. P. J. Blach [α]) erzählt von den niedrigen Küsten der Insel Sumatra, daß sich daselbst fast jede Nacht von der Abenddämmerung an bis zum Morgen, da das Tageslicht sich unmerklich macht, ununterbrochene stille Blitze zeigen. Ueberhaupt zeigt das Wetterleuchten eine große Aehnlichkeit mit dem Nordlichte, und macht es dadurch wahrscheinlich, daß auch letzteres eine elektrische Erscheinung sey.

Reimarus [β]) vergleicht das Wetterleuchten mit den elektrischen Strahlen, welche man bey unsern gewöhnlichen Versuchen im Dunkeln von einem Körper ausfahren sieht, der durch einen beständigen Zufluß von elektrischer Materie überladen wird, und doch keinen bestimmten Gegenstand findet, dem er dieselbe durch einen Funken mittheilen kann. Das Wetterleuchten scheint ihm also eine fortgesetzte Anhäufung der Elektricität in der Wolke anzudeuten, welche sie, wenn kein leitender Körper innerhalb der Schlagweite zugegen ist, zerstreut in die Atmosphäre aussendet.

Wetterlichter, St. Elmusfeuer (castor et pollux, ignis lambens, feu St. Elme, castor et pollux). Hierunter versteht man diejenige Erscheinung, welche an den in der Luft erhabenen Gegenständen, besonders an Metallen, bey Gewitterluft wahrgenommen wird, indem nähmlich aus den Spitzen oder Ecken der erhabenen Gegenstände oft rauschende Flammen ausströmen, welche eine Zeit lang ohne Schaden fortdauern. Vornehmlich zeigt sich diese Erscheinung an den Spitzen der Mastbäume, an den hervorragenden Theilen der Schiffe bey Stürmen, an den Spitzen der Kirchthürmer u. s. f.

Schon die Alten kannten dieß Phänomen. So erzählt Plinius [γ]), er habe Sterne auf den Lanzen der Soldaten und auf den Masten der Schiffe gesehen, welche mit Zischen von einem Orte zum andern fortgehüpft wären: Zwey solche Sterne wären Vorbedeutung einer glücklichen Fahrt, und wurden

α) Neue schwed. Abhandl. Th. I. 1780. der deutsch. Uebers. S. 97.
β) Neuere Bemerk. vom Blitze. Hamb. 1794. 8. S. 73.
γ) Histor. natur. II. 37.

wurden von den Schiffern Castor und Pollux genannt; ein allein, den man Helena nenne, bedeute Unglück. Auch sieht man dergleichen bisweilen an den Häuptern der Menschen. Aehnliche Erzählungen geben Seneca α), Hirtius β), Livius γ) und Plutarch im Leben Lysanders. Den Schiffern ist diese Erscheinung sehr bekannt; die Portugiesen nennen sie corpo santo, die Holländer Vrede vyer, die Engländer comazauti und die Niederdeutschen Weerlicht.

Von diesem Phänomene handeln auch Conr. Gesner δ), der Ritter von Forbin ε) und Reimarus ζ). Forbin gibt folgende Erzählung: Im Jahre 1696. zog sich plötzlich während der Nacht ein schwarzes Gewölk zusammen, wobei erschreckliche Blitze und Donnerschläge entstanden. Weil ich einen starken Sturm befürchtete, ließ ich alle Segel einziehen. Wir sahen auf dem Schiffe mehr, als 30 St. Elmusfeuer. Eines unter andern befand sich oben auf dem Windflügel des großen Mastes, welches mehr als 1½ Fuß hoch war. Ich schickte einen Matrosen hinauf, es herunter zu bringen. Als er oben war, hörte er dieses Feuer ein Geräusch machen, wie wenn man angefeuchtetes Schießpulver anzündet. Ich befahl ihn den Flügel abzunehmen, und damit herunter zu kommen. Kaum hatte er ihn aber von der Stelle genommen, so ging das Feuer davon weg, und setzte sich auf die Spitze des Mastes, ohne daß man es hätte davon abbringen können. Es blieb daselbst ziemlich lange, bis es nach und nach verging. Der gedrohete Sturm hatte weiter keine Folgen, als einen starken Regen, der etliche Stunden dauerte.

Aehnliche Beschreibungen dieser Art finden sich in einem von Forskål an Wilke erlassenen Briefe η), von Jallabert

α) Quaest. natur. L. I. c. 1.
β) De bello Africano. c. 47.
γ) Cap. XXXII.
δ) Commentar. de lunariis, et obiter de aliis etiam rebus, quae in tenebris lucent. Tiguri 1555. 8.
ε) Mémoires. Tom. I. p. 368. u. im Hamb. Magaz. B. VII. S. 435.
ζ) Vom Blitze 32 — 37 Erfahr. S. 73 f.
η) Schwed. Abhandl. B. XXI. der Uebers. S. 163.

bert und de Saussüre α) von Nicholson β), von dem Prediger Sponholz γ) zu Lühen in der Ukermark, von Reimarus δ), welche zugleich beweisen, daß diese Erscheinung nicht allein zu den Zeiten der Gewitter, sondern auch im starken Winter und an den thierischen Körpern oder deren Bekleidungen Statt finde.

Seitdem der Bliz als ein elektrisches Phänomen erkannt wurde, hat man auch das St. Elmsfeuer für eine solche Erscheinung gehalten. Man ist allgemein der Meinung gewesen, daß die in der Luft angehäufte elektrische Materie durch diese Gegenstände als Leiter derselben, zur Erde geführt werde. Allein Herr Reimarus hält die Wetterlichter nicht so wohl für ein Zeichen des Abzugs der elektrischen Materie aus der Wolke selbst, oder ihrem Wirkungskreise, als vielmehr für eine Gegenwirkung auf häufige, in der Luft oder den Dünsten zerstreuete, elektrische Materie, etwa so, wie man durch Spitzen, welche von einem elektrisirten Körper ausgehen, die Luft im Zimmer, besonders wenn viele Dünste darin schweben, elektrisiren kann. Sie scheinen sich nicht während des Gewitters, sondern erst nach dessen Zertheilung zu zeigen, werden auch von den Schiffern als ein Zeichen des sich verlierenden Gewitters gehalten. Ihre Fortdauer wird vorzüglich durch den Wind begünstiget; zuweilen erscheinen sie auch ohne Gewitter bey feuchter und stürmischer Luft. Die Seltenheit ihrer Erscheinung könne man vielleicht daraus erklären, daß zu ihrer Entstehung eine negative Elektricität in der Luft erfordert werde, welche nicht so häufig, als die positive vorkommt, weil die elektrischen Versuche lehren, daß die Feuerbüschel an Spitzen ein entgegengesetztes — E anzeigten.

M. s. Priestley Geschichte der Elektricität, ins Deutsche übers. von Krünitz. 4. S. 252 f.

Wettersäule s. **Wasserhose.**

Rr 2 **Wet-**

α) Hist. de l'Acad. des scienc. 1767.
β) Philos. Transact. Vol. LXIV. p. 351.
γ) Nützliche Beyträge zu den neuen Strelitz. Anz. vom 7. März 1770.
δ) Neuere Bemerkungen vom Blitze. Hamb. 1794. S. 8. 170.

Wetterschirm (paratonnerre portatif). Diesen Namen haben einige Naturforscher einem Regenschirme mit einer metallischen Ableitung versehen gegeben, um seine Person vor dem Blitze zu sichern, wenn man genöthigt ist, beym Gewitter unterm freyen Himmel zu seyn. Nach Reimarus Vorschlag läßt sich ein solches Werkzeug mit den wenigsten Umständen so ausführen, daß man einen Schirm aus gewächstem Seidentuch, mit fischbeinernen Stangen versehen an einen langen Spazierstock befestigte, und daneben eine breite metallene Tresse von zureichender länge bey sich führte, damit solche im nöthigen Falle mit dem einen Ende oben am Knopfe des Stocks angesteckt, und mit dem andern in einer Entfernung auf die Erde befestigt werden könnte. Der Stock würde sodann in die Erde gesteckt, und wenn man sich unter dem ausgebreiteten Schirme niedersetzte, so hätte man eine sichere leitung des Blitzes an der metallenen Tresse bis zur Erde.

M. s. Reimarus vom Blitze, S. 221.

Wetterstrahl s. Blitz.

Widderpunkt s. Frühlingspunkt.

Widerstand (resistentia, renitentia, résistance, rénitence) heißt dasjenige, was die zur Veränderung des Zustandes angewandte Kraft vermindert. Nach der atomistischen Vorstellung braucht dasjenige, was die angewandte Kraft vermindert, keine Kraft, die nach der entgegengesetzten Richtung wirkt, zu seyn, sondern schon die Materie, als absolut undurchdringlich, verändert als bloß träge Materie die ankommende Kraft. Allein schon unter den Artikeln: Gegenwirkung, Mittheilung der Bewegung und Trägheit, ist gezeigt worden, wie irrig eine solche Vorstellung ist. Es kann Widerstand gar nicht gedacht werden, wenn nicht der ankommenden Bewegung (es sey durch Druck, Zug oder Stoß,) eine andere derselben entgegengesetzte Bewegung gedacht wird, indem nur Bewegung durch andere Bewegung vermindert werden kann. Aber schon nach der atomistischen Vorstellung muß dem bewegten Körper eine bewegende Kraft

beygelegt

beygelegt werden, indem er ohne solche gedacht gar keine Bewegung haben könnte; daher muß auch nothwendig der Widerstand als eine bewegende Kraft gedacht werden, welche der erstern gerade entgegen wirkt.

Widerstand der Mittel (resistentia mediorum s. fluidorum, résistance des milieux). Wenn sich feste Körper in flüssigen Mitteln z. B. im Wasser, in der Luft u. s. bewegen, so müssen sie nothwendig in jedem Augenblicke einen Theil von ihrer Geschwindigkeit verlieren, weil sie die ihnen im Wege liegenden Theile des flüssigen Mittels aus der Stelle treiben müssen, und dazu eine gewisse Anwendung der bewegenden Kraft erfordern. Diese Verminderung läßt sich aber nicht gedenken, ohne auch dem flüssigen Mittel eine solche Kraft beyzulegen, welche jener gerade entgegengesetzt ist, und welche eben der **Widerstand der Mittel** genannt wird. Selbst nach der atomistischen Physik muß man sich eine solche Vorstellung von dem Widerstande der Mittel machen, weil alle Berechnungen von diesem Gegenstande bloß darauf sich gründen.

Schon Galiläi hat ganz richtig angeführt, daß die Bewegung der festen Körper in der Atmosphäre unserer Erde, wie beym freyen Falle, beym Pendel, beym Wurfe u. s. w. nach und nach durch den Widerstand, welchen ihr die Luft entgegensetzt, vermindert werde, und endlich ganz aufhöre. Vor **Newton** aber hatte sich kein einziger an die mit Schwierigkeiten verbundene Theorie des Widerstandes, welchen feste Körper bey der Bewegung in flüssigen Mitteln erleiden, gewagt. Erst dieser brachte sie in der größten Allgemeinheit mit der Theorie der Schwere in allgemeine Verbindung, und trug sie im zweyten Buche seiner Principien vor. Er verglich sie mit Versuchen, welche darzuthun scheinen, daß bey den in der Natur vorgehenden Bewegungen der Widerstand **dem Quadrate der Geschwindigkeit** proportional gefunden werde.

Man glaubte schon durch **Newton's** Bemühungen die Lehre des Widerstandes zur überzeugenden Richtigkeit gebracht

zu haben, als **Robins** im Jahre 1752. bey Untersuchung der Bahn, welche abgeschossene Kugeln in der Luft beschreiben, ungemein große Abweichungen von derselben entdeckte, und dadurch die unter dem Artikel: **Ballistik**, erwähnten neuern Bemühungen veranlaßte. **Euler** $^{\alpha}$) hatte die allgemeine Lehre vom Widerstande gegen bewegte Punkte schon in seiner Mechanik abgehandelt, woraus **Kästner** $^{\beta}$) einen Auszug gibt. Die Theorie vom Widerstande flüssiger Mittel findet man beym **Karsten** $^{\gamma}$) größten Theils nach **Bernoulli** und **Euler** vorgetragen. Die Theorie läßt noch sehr viel Ungewißheit zurück, und eben so wenig entscheiden die Versuche, welche vorzüglich in Frankreich vielfältig und auf mancherley Art sind angestellt worden. **De Borda** $^{\delta}$), **d'Alembert**, **Bezout**, **Bossut** u. a. haben Folgen daraus gezogen, durch welche **Newton's** Theorie auf mancherley Art Abänderungen zu leiden scheint. Eine neue Theorie des Wasserstoßes in Schußgerinnen mit beständiger Rücksicht auf Erfahrung und Bewegung hat Herr **Jos. Gerstner** (Prag. 4.) entworfen

Die Theorie des Widerstandes läßt sich kurz so übersehen. Wenn man voraussetzt, daß sich eine ebene Fläche in einer ruhenden flüssigen Materie mit paralleler Bewegung nach einer auf dieser Fläche senkrechten Richtung bewegt, so setze man, die ebene Fläche gehe mit der Geschwindigkeit $= v$ fort. Dieß will nun eben so viel sagen, als wenn sie in einer als Eins angenommenen Zeit, z. B. 1 Sekunde, den Weg v durchliefe; mithin muß sie in dieser Zeit eine Menge der flüssigen Materie mit einer gewissen Kraft fortgeschoben haben. Setzt man nun diese Menge der flüssigen Materie $= \alpha$, und die Kraft $= p$, so muß $p = \alpha v$ seyn. Ferner sey die Dichtigkeit der flüssigen Materie $= \gamma$, und die geometrische Größe der verdrängten flüssigen Materie $= \mu$, so wird

α) Mechanica. Petrop. 1736. 4. T. I. c. 4. §. 467.
β) Anfangsgründe der höhern Mechanik, §. 316 f.
γ) Lehrbegr. der gesammten Mathem. Mechanik, 4. Th. Greifsw. 1769. 8. Abschn. XIX. XX.
δ) Mémoir. de Paris 1763. 1770.

wird $\alpha = \gamma\mu$, und es ergibt sich $p = \gamma\mu v$. Diese verdrängte flüssige Materie ist aber nichts weiter, als eine prismatische Säule, welche die bewegte ebene Fläche zur Grundfläche, und den zurückgelegten Weg v zur Höhe hat. Ist also der Quadratinhalt der ebenen Fläche $= \beta$, so ist $\mu = \beta v$, und man erhält $p = \beta v \gamma v = \beta\gamma v^2$. So viel Kraft nun ist nöthig, die flüssige Materie fortzuschieben, so groß muß auch die Größe des Widerstandes seyn. Wenn also der Widerstand $= R$ gesetzt wird, so ergibt sich $R = \beta\gamma v^2$. Hierbey ist aber vorausgesetzt werden, daß die in der flüssigen Materie fortbewegte ebene Fläche die folgenden flüssigen Theilchen in Ruhe angetroffen, und die angestoßenen völlig vernichtet habe. Weil aber dieß in der Wirklichkeit nicht Statt finden kann, sondern vielmehr die fortbewegten Theilchen seitwärts ausweichen müssen, um der bewegten Fläche Platz zu machen, wodurch zugleich der Zustand der folgenden Theilchen des Fluidi eine Aenderung leidet, und sie daher schon in Bewegung kommen, ehe sie noch von der bewegten Fläche berührt werden, so muß dieß nothwendig verursachen, daß der Widerstand des Fluidi nicht so groß ausfalle, als ihn die vorige Rechnung gibt. Wenn demnach der Widerstand λ mahl so groß ist, als die vorige Rechnung bestimmt, so ist eigentlich $R = \lambda\beta\gamma v^2$, wo λ einen Bruch bedeutet. Aus **Newton's** Versuchen schien zu folgen, daß $R = \frac{1}{2}\beta\gamma v^2$, d. h., $\lambda = \frac{1}{2}$ sey. Seine Versuche sind aber bey geringen Geschwindigkeiten angestellt. Bey schnellern Bewegungen, z. B. der Geschützkugeln, ist es ausgemacht, daß man den Widerstand weit größer, wohl 2 bis 3 Mahl so groß ($\lambda = 1$ bis $\frac{3}{2}$) annehmen müsse. Bey dieser Ungewißheit wird im Allgemeinen $R = 2\lambda\beta\gamma v^2$ gesetzt.

Newton folgerte aus seinem Satze:

1) Bey gleicher Fläche und gleicher Dichtigkeit des Mittels verhält sich die Stärke des Widerstandes wie das Quadrat der Geschwindigkeit. Dieß Gesetz nennt man das **Gesetz des Widerstandes**, und es scheint für Bewegungen, welche nicht allzu schnell und allzu langsam erfolgen, allge-

mein bestätiget zu werden. In der Physik führt man gewöhnlich den Grund davon an, daß bey doppelter Geschwindigkeit nicht allein doppelt so viele Theile fortgeschoben werden, sondern auch jeder derselben eine doppelte Geschwindigkeit erhalte, daher ein vierfacher Verlust an Größe der Bewegung entstehe u. s. w. Allein diese allgemeine Betrachtung reicht nicht hin, den Satz darzuthun, vielmehr muß er aus richtigen Versuchen gefolgert werden, und diese scheinen bey sehr schnellen und langsamen Bewegungen andere Gesetze des Widerstandes anzugeben.

2) Bey gleicher Fläche und Geschwindigkeit verhält sich die Stärke des Widerstandes, wie die Dichtigkeit des Mittels. Diesem Satze gab Newton vor allen andern einen vorzüglichen Werth. Allein er ist noch viel zweifelhafter, als der vorhergehende. Die Versuche des Ritters von Borda widersprechen ihm fast gänzlich, und es scheint, als ob der Formel für jede Materie ein eigener Coefficient müsse beygefügt werden, welcher bloß durch Versuche bestimmt werden kann. Daher sind auch alle Vorschläge Dichtigkeiten der Luft durch ihren Widerstand gegen das Pendel zu messen, ohne Erfolg geblieben.

3) Bey gleicher Geschwindigkeit in dem nähmlichen Mittel verhält sich die Stärke des Widerstandes, wie die Oberfläche. Auch diesem Satze scheinen die Versuche des de Borda entgegen zu seyn. Herr Kramp aber urtheilt, er sey zu natürlich, um unwahr zu seyn.

Wenn der bewegte feste Körper eine Fläche in einer ganz andern Lage oder Gestalt, als hier voraus gesetzt ist, der flüssigen Materie entgegensetzt, so ändert sich die Stärke des Widerstandes. Wie viel aber diese Aenderung betrage, das hat weder Newton noch nach ihm irgend einer gehörig ins Licht setzen können. Newton a) bewies, daß der Widerstand, welcher auf die erhabene Fläche einer Kugel ausgeübt wird, halb so groß sey, als derjenige, dem ihr größter Kreis bey gleicher Masse ausgesetzt wäre.

Um

a) Princip. Lib. II. prop. 34.

Um die Theorie mit der Erfahrung zu vergleichen, ließ Newton *) durch Hawksbee im Jahre 1710. in der Paulskirche [zu] London Experimente anstellen, um den Widerstand der Luft [zu] prüfen. Man ließ verschiedene hohle Glaskugeln aus einer Höhe von 220 englische Fuß herabfallen, beobachtete die Zeit [de]s Falles, und berechnete alsdann aus ihrem Gewichte und Durchmesser nebst der Dichtigkeit der Luft, welche 860 Mahl [le]ichter als das Wasser angenommen ward, die Fallhöhen, [w]elche den beobachteten Zeiten bey Betrachtung des Wider[st]andes zukommen müßten. Die Resultate waren folgende:

Gewicht der Kugeln		Durchmesser der Kugeln		Zeiten des Falles				Berechnete Höhen			
10	Grän	5,1	Zoll	8	Sek.	12	Tert.	236	Fuß	11	Zoll
42	—	5,2	—	7	—	42	—	230	—	3	—
99	—	5,1	—	7	—	42	—	227	—	10	—
15	—	5,0	—	7	—	57	—	224	—	5	—
183	—	5,2	—	8	—	12	—	225	—	5	—
41	—	5,2	—	7	—	42	—	230	—	7	—

Da diese berechneten Höhen von 220 Fuß Höhe, wovon [d]ie Kugeln herabfielen, noch nicht 11 Fuß, und eine davon [n]ur $4\frac{1}{2}$ Fuß abwichen, so stimmte die Theorie mit diesen Ver[s]uchen ziemlich überein. Noch genauer trafen die von Desaguliers im Jahre 1719. mit leichten Schweinsblasen angestellten Versuche damit zusammen. Die Fallhöhe war 272 Fuß, und die Resultate zeigt folgende Tabelle:

Gewicht der Kugeln		Durchmesser der Kugeln		Zeiten des Falles		Berechnete Höhen			
128	Grän	5,28	Zoll	19	Sek.	271	Fuß	11	Zoll
156	—	5,19	—	17	—	272	—	$10\frac{1}{2}$	—
$137\frac{1}{2}$	—	5,3	—	$18\frac{1}{2}$	—	272	—	7	—
$97\frac{1}{2}$	—	5,26	—	22	—	277	—	4	—
$99\frac{1}{2}$	—	5,0	—	$21\frac{1}{8}$	—	282	—	0	—

Die drey ersten von diesen berechneten Höhen weichen von der wahren Höhe noch nicht einen Fuß ab. Daß der Wider-

*) Ibid. prop. 40. schol.

Widerstand der Luft hierbey beträchtlich ist, sieht man daraus, daß im leeren Raume die Körper in 8 Sekunden durch 100, in 16 durch 4000 Fuß gefallen seyn würden.

Andere Versuche, welche Newton zur Bestimmung des Widerstandes, der vom Wasser herrührt, anstellte, stimmten ebenfalls mit der Theorie ziemlich überein. Er bereitete sich Kugeln von Wachs mit eingeschlossenem Bley und ließ sie im Regenwasser 112 engl. Zoll tief hinabsinken. Seine Versuche gaben ihm folgende Resultate:

Gewicht der Kugeln in der Luft	Gewicht der Kugeln im Wasser	Zeit des Falles	Berechnete Höhen
$156\frac{1}{4}$ Gran	77 Gran	4 Sek.	112,08 Zoll
$76\frac{1}{3}$ —	$5\frac{1}{6}$ —	15 —	113,174 —

Er wiederhohlte die Versuche mit dergleichen Kugeln, maß aber dabey die Zeit durch die Anzahl der Schwingungen eines Pendels, welches halbe Sekunden schwung. Seine Resultate waren diese:

Gewicht der Kugeln in der Luft	Gewicht der Kugeln im Wasser	Beobachtete Schwünge	Berechnete Schwünge	Fallhöhe
139 Gran	$6\frac{1}{2}$ Gran	50 bis 52	52	182 Zoll
$273\frac{1}{4}$ —	$140\frac{3}{4}$ —	12 — 13	$11\frac{1}{3}$	182 —
384 —	$119\frac{1}{2}$ —	$17\frac{3}{4}$ — 19	$15\frac{5}{9}$	$181\frac{1}{2}$ —
48 —	$3\frac{29}{32}$ —	$43\frac{1}{2}$ — 46	$46\frac{5}{9}$	$182\frac{1}{2}$ —
141 —	$4\frac{3}{8}$ —	61 — 65	$64\frac{1}{2}$	182 —

So gut aber auch alle diese Versuche mit der Theorie übereinzustimmen schienen, so erkannte doch schon Newton selbst, daß sie den Erfahrungen nicht allenthalben Genüge that. Er fand nähmlich durch eine große Reihe von Versuchen mit dem Pendel *), daß bey sehr kleinen Schwingungen desselben alle Folgen des Satzes, daß der Widerstand dem Quadrate der Geschwindigkeit proportional sey, von der Erfahrung sich entfernten. Er ward überzeugt, daß der Widerstand wenigstens von zwey Ursachen herrühre, von welchen nur die eine jenem Gesetze, die andere aber einem andern folge, und daß diese letztere Ursache besonders bey lang-

*) Princip. prop. 31. schol.

langsamen Bewegungen sehr merklich wirke. Er sahe sich endlich in die Nothwendigkeit versetzt, über diesen zweyten Theil des Widerstandes gänzlich abzubrechen.

Uebrigens beweisen die Versuche des Desaguliers [α]), daß dichte Bleykugeln von 2 Zoll Durchmesser in $4\frac{1}{2}$ Sek. um 50 Fuß weniger tief fallen, als sie im luftleeren Raume fallen würden, und daß gläserne hohle Kugeln von $5\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser in 6 Sekund. um 288 Fuß zurückbleiben. Daß schwere und dichte Kugeln schneller, als leichte fallen, rührt bloß von dem Widerstande der Luft her. Aus eben dem Grunde schwingen auch schwerere Pendel wirklich geschwinder, als leichtere von gleicher Länge. In Flüssigkeiten von größerer Dichtigkeit schwingen die Pendel viel langsamer, als in dünnern, einmahl, weil in jenen der Widerstand größer ist, und dann, weil durch den Gewichtsverlust im dichtern Flüssigen die beschleunigende Kraft der Linse vermindert wird.

Auf die zuletzt angeführte Ursache machte Lambert [β]) aufmerksam, und schlägt dabey die Pendel zum meteorologischen Gebrauche vor, um damit die Dichtigkeit zu messen. Schon Bouguer hatte dergleichen Versuche angestellt, und Herr de Saussure beschloß auf den Vorschlag des Herrn Gruber zu Prag dieselben auf dem Col du Geant zu wiederhohlen; allein der Erfolg zeigte, daß das Pendel hierzu sehr unbequem und unsicher sey [γ]).

Dieser Widerstand verursacht in den Bahnen der abgeschossenen Kugeln Abweichungen, deren Größe für eine flüssige Materie, welche 6000 Mahl leichter als das darin bewegte Metall ist, ganz ungeheuer und unerwartet ausfällt. Man hat sich zwar Mühe gegeben, die Theorie gehörig zu entwerfen, allein man ist darin bis jetzt noch nicht ganz glücklich gewesen.

Nachdem

α) Philosoph. Transact. num. 362.

β) Von dem Gange der Pendeluhren in den Berlin. Ephemerid. für 1776. Th. II. S. 215 u. f.

γ) S. Rozier journal de physique Febr. 1790. p. 98 sqq. u. in Gren's Journ. d. Phys. 1790. Heft 6. S. 383 f.

Nachdem die Aerostaten erfunden wurden, glaubte man für diese Lehre etwas Vollständigeres durch Erfahrungen auszumachen, und selbst **Euler** beschäftigte sich noch wenige Tage vor seinem Tode mit dieser Arbeit. Bemühungen dieser Art sind von den Herren **Meusnier** *) und **Kramp** β) gemacht, und mit dem aerostatischen Versuche auf dem Marsfelde vom 27. Aug. 1783. verglichen. M. s. **Aerostat.** Allein diese Hoffnungen, welche man anfänglich sich davon versprach, sind bald wieder verschwunden.

Wenn der Himmelsraum, in welchen sich die Planeten bewegen, mit einer merklich widerstehenden Materie erfüllt wäre, so müßten dadurch die Achsen der Planetenbahnen und die Umlaufszeiten um die Sonne von Zeit zu Zeit kürzer werden. Bisher hat man aber hiervon noch nicht das Geringste wahrgenommen. Es folgt hieraus, daß die Materie, welche sich in diesem Raume befindet, äußerst dünn seyn müsse.

M. s. **Kästner** Anfangsgründe der höhern Mechanik, Abschn. I. Cap. 5. S. 64 u. f. **Karsten** Lehrbegriff der gesammten Mathemat. Th. IV. Mechanik. Greifsw. 1769. 8. XIX Abschn. **Kramp** Geschichte der Aerostatik. Th. I. Straßb. 1784. 8. Abschn. X. S. 155 u. f.

Wind (ventus, vent) heißt überhaupt die Bewegung der Luft in der Atmosphäre. Es ist bekannt, daß die Luft durch Wärme in einen größern Raum ausgebreitet, und durch die Kälte in einen engern Raum zusammengezogen wird. Dadurch entstehen aber nothwendig Bewegungen der Luft, welche natürlich bald langsamer bald geschwinder erfolgen müssen, je nachdem die Erwärmung langsamer oder schneller und in niedrigern oder höhern Graden Statt findet. Wenn die Geschwindigkeit der Bewegung der Luft sehr groß ist, so heißen die Winde ins besondere **Stürme, Orkane, Windsbrauten.**

Die

*) S. *Faujas de St. Fond* description des expér. de la machine aërostatique. Paris 1783. 8. p. 49 sqq. der deutsch Uebers. Leipz. 1784. 8. S. 41 f.

β) Geschichte der Aerostatik. Straßburg 1784. 8. 11 — 16. Abschn.

Die Winde erhalten ihren Nahmen nach der Weltgegend, von welcher sie herkommen, **Nord-, Süd-, Ost-, Westwinde**, und geben eben so denjenigen Winden, welche nicht gerade aus einer Hauptgegend wehen, den Nahmen der zugehörigen Nebengegend, als **Südostwind** u. s. So werden der Richtung nach 32 Winde unterschieden. M. s. **Weltgegenden**.

Man hat gefragt, ob die Bewegung der Luft beym Winde gerade fortschreitend, oder wellenförmig sey, oder ob sie sich wie der Schall von einem Orte aus nach allen Seiten zu ausbreite. Nach dem gewöhnlichen Gange der Wolken zu urtheilen, ist die Bewegung der Luft beym Winde geradlinig; auf unserer Erdfläche hingegen, besonders in gebirgigen Gegenden, können so mancherley verschiedene Ursachen der Winde Statt finden, daß die Bewegung derselben nach allen möglichen Richtungen gehen kann.

Die meisten Winde sind horizontal, oder weichen doch nicht viel von der horizontalen Richtung ab. Jedoch kann es bisweilen selbst im Luftkreise Ursachen geben, wie z. B. bey Gewittern, wo an einer gewissen Stelle eine Masse von Luft durch schnelle Erkältung in einen engen Raum zusammengebracht wird, da die Luftströme nach allen möglichen Richtungen entstehen können.

Allein es gibt auf der Erde Oerter, wo die Winde das ganze Jahr hindurch **beständig** sind; andere, wo sie sich **periodisch** nach gewissen bestimmten Gesetzen verändern; und noch sehr viele andere, wo sie das ganze Jahr hindurch beständig veränderlich sind, und bald von der einen, bald von der andern Weltgegend her wehen.

Zwischen den Wendekreisen, und noch einige Grade über selbige hinaus, weht auf dem Weltmeere ein **beständiger Ostwind**, welcher sich jedoch nordwärts der Linie mehr nach Nordost, und südwärts derselben nach Südost zieht, und sich bey dieser Abweichung nach dem Stande der Sonne richtet.

Wenn

Wenn nähmlich die Sonne in den nördlichen Zeichen steht, so zieht sich dieser Wind auf der Nordseite weniger nach Norden, dagegen aber auf der Südseite mehr nach Süden: und beym Stande der Sonne in den südlichen Zeichen findet gerade das Gegentheil Statt. Die Beschaffenheit dieser Winde hat Halley α) zuerst genauer dargestellt, und Mußschenbroek β) hat nach ihm und Dampier eine Karte geliefert, deren Anblick die Richtungen derselben deutlich übersehen läßt.

Halley leitete die beständigen Winde zwischen der heißen Zone aus der Erwärmung der Atmosphäre auf folgende Art ab. Weil sich die Sonne beständig zwischen den Wendekreisen von Osten nach Westen bewegt, so wird die Luft an demjenigen Orte, in dessen Scheitel sie steht, am stärksten erwärmt, und die daselbst befindliche Luftsäule verdünnt. Dadurch müsse sich aber der ganze Theil der Atmosphäre erheben, und nach oben auf allen Seiten abfließen. Wegen der Wiederherstellung des Gleichgewichts müsse nun die untere kältere Luft von allen Gegenden zufließen; diese werde aber durch die Sonne wieder erwärmt, und es müsse abermahls kältere Luft von unten herbeykommen u. s. f. Da sich aber der Ort, wo dieses geschehe, verändere, und mit der Sonne vom Morgen gegen Abend fortrücke, so ergieße sich die erwärmte Luftsäule vorzüglich gegen Morgen zu, und es bewege sich dagegen die untere kältere Luft besonders vom Morgen gegen Abend; daher an denjenigen Orten, über welche die Sonne gerade hindurchgehe, und in der Nähe derselben ein beständiger Ostwind bemerklich seyn müsse. Dieser Wind müsse sich aber auch nach dem Stande der Sonne in der Ecliptik richten, und daraus erkläre sich, daß sich dieser Wind nordwärts der Linie mehr nach Nordost, und südwärts derselben mehr nach Südost ziehen müsse.

D'Alem-

α) An historical account of the trade-winds and monsoons observable in the seas between and near the tropiks in d. Philos. Transf. n. 183. p. 153

β) Introduct. ad philos. natur. Tom. II. Tab. LXIV.

D'Alembert [a]) untersuchte, welchen Einfluß die Anziehung des Mondes auf die Gestalt des Luftkreises haben müsse. Er fand, daß diese Wirkung auf die Luftmasse viel zu geringe sey, um je durch eine Barometerveränderung merklich zu werden, hieraus müsse aber doch ein beständiger Luftstrom von Osten nach Westen entstehen, daher man diese Ursache bey der Erklärung des beständigen Ostwindes wenigstens als mitwirkende Ursache ansehen müsse.

Halley's Erklärung der beständigen Ostwinde der heißen Zone hat Herr Hube [b]) sehr wichtige Gründe entgegengesetzt. Nach ihr, sagt er, hinge der allgemeine Ostwind bloß von dem Unterschiede in der täglichen Wärme des Orts ab. Dieser Unterschied ist aber in den kalten Ländern noch viel größer, als unter der Linie. Daher müßte sich auch bey uns des Nachmittags die erwärmte westliche Luft erheben, und der kältern östlichen Platz machen. Und wenn auch dieser allgemeine Wind bey uns nicht völlig östlich, sondern nordöstlich wäre, so müßte er doch regelmäßig seyn. Wir bemerken aber dergleichen nicht, und wollte man Ursachen angeben, die diesen regelmäßigen Gang verhinderten, so müßte man zeigen, daß diese Ursachen in der heißen Zone nicht Statt finden.

Ferner folgt aus Halley's Erklärung nicht, daß die Bewegung der Luft nach Osten den ganzen Tag daure. Bey Sonnenaufgang ist vielmehr die Luft nach Osten hin warm und leicht, daher müßte sie aufsteigen, und die westliche kalte und schwere dagegen eindringen. Dieser Westwind des Morgens müßte viel stärker seyn, als der Ostwind gegen Abend, weil die Wärme den ganzen Tag über nie schneller zunimmt, als bey Sonnenaufgange. Allein dergleichen Westwind zeigt sich unter dem Aequator nicht, und bey uns kommen die Winde, die sich bey Sonnenaufgang erheben, ohne Unterschied aus allen Weltgegenden. Daher muß man schließen, der

[a]) Réflexions sur la cause générale des vents, pièce, qui a remporté le prix par l'Academ. roy. de Prusse pour l'ann. 1746. à Berlin 1747. 4.

[b]) Ueber die Ausdünstung xc. Leipz. 1790. 8. Cap. 57.

der Unterschied in der täglichen Wärme sey nicht vermögend, einen merklichen Wind zu verursachen.

Es läßt sich dieses auch leicht einsehen, da dieser Unterschied im Mittel nicht über 9 bis 10 Grade geht, welches zu wenig ist, um den Zusammenhang der Luftmassen zu trennen, wozu noch kömmt, daß die Sonne bey ihrer scheinbaren täglichen Bewegung in 1 Minute Zeit durch das Zenith vieler Meilen geht, und also die Luft auf viele Meilen weit so schnell in andern Stand bringt, daß schon die Kürze der Zeit keine Entstehung eines Windes gestattet.

Auch der d'Alembert'schen Erklärung durch die Anziehung des Mondes setzt Herr Hube entgegen, eine solche Veränderung der Schwere der Luftsäulen müßte auf den Stand des Barometers Einfluß haben, auch müßte man in der Stärke des allgemeinen Windes Veränderungen wahrnehmen, die sich nach dem Stande und der Entfernung des Mondes richteten, wovon sich doch keine Spur zeige.

Herr Hube selbst leitet den regelmäßigen Ostwind zwischen den Wendekreisen vielmehr von der Umdrehung der Erde her, welche die Punkte des Aequators schneller, als die Stellen der Parallelkreise, fortführt. Die untere Luft muß aus beyden Halbkugeln der Erde beständig nach den Gegenden um die Linie fließen, weil hier die Hitze beständig am größten ist, daher die leichtere Luft erhoben, und unten von beyden Seiten her durch schwerere ersetzt wird. Diese zuströmende Luft kömmt also nach und nach über Punkte, die sich immer schneller gegen Osten drehen. Da sie diese Geschwindigkeit nicht augenblicklich mit annehmen kann, so bleibt sie gegen die Oberfläche der Erde nach Westen zurück und verursacht dem Körper, dem die Umdrehung schneller durch sie hindurch führt, die Empfindung eines östlichen Windes, der sich nordwärts der Linie in Nordost, südwärts in Südost verändert. Schon Mariotte *) hat die nähmliche Erklärung des beständigen Ostwindes in der heißen Zone gegeben.

Zu

*) Traité du mouvement des eaux. P. I. disc. III. in den oeuvr. p. 341 sqq.

Zu den periodischen Winden gehören außer den Passatwinden oder Mnssons, von welchen ein eigener Artikel handelt, auch die abwechselnden Land- und Seewinde an den Küsten der heißen Zone. Die Landwinde wehen des Nachts nach der See zu; die Seewinde am Tage vom Meere landwärts. So entsteht auf St. Domingo gemeiniglich ein Ostwind vom Meer her von 10 Uhr Vormittags, hingegen um 6 oder 7 Uhr Abends ein Westwind vom Lande, welcher die ganze Nacht hindurch anhält. Die Seewinde sind an den Vorgebirgen am stärksten, in den Meerbusen am schwächsten, herrschen rund um die Inseln, und sind beym klaren Wetter regelmäßig. Sie gehen aber nie weit ins Land hinein. Die Landwinde gehen auf den Inseln von der Mitte aus nach allen Seiten; zuweilen reichen sie kaum bis über die Ufer, zuweilen erstrecken sie sich eine halbe Meile und noch weiter ins Meer hinein. Von den Vorgebirgen kommen die schwächsten Landwinde, dagegen sind sie in den Meerbusen die stärksten.

Alle diese Wahrnehmungen machen es sehr wahrscheinlich, daß die abwechselnden Land- und Seewinde ihren Grund in der ungleichen Erwärmung und Erkältung der Erde und des Wassers haben. In der Nacht wird nähmlich das Land schneller erkältet, und die untere dichtere Luft verbreitet sich gegen die auf dem Meere liegende dünnere, dagegen am Tage wegen der schnellern und stärkern Erwärmung des Landes das Gegentheil Statt hat.

Der Raum, innerhalb welchem die regelmäßigen Winde weder östlich noch südlich sind, fällt nicht, wie man glauben sollte, in den Aequator selbst, sondern vom 3 bis 5° nördlicher Breite. In dieser schmalen Zone gibt es ohne Unterlaß Windstillen mit häufigem Regen begleitet, auch unregelmäßige und stürmende Winde, mit Blitz und Donner. Der Grund, warum die beyden großen Luftströme nicht im Aequator selbst, als die Mitte beyder Halbkugeln der Erde, zusammentreffen, liegt in der ungleichen Anhäufung der Wärme, welche durch den längern Aufenthalt der Sonne in der nörd-

lichen Halbkügel hervorgebracht wird. **Aepinus** [α]) setzt die Wärme beyder Hemisphäre, wie 14 : 13; wobey aber auf die größere Nähe der Sonne im Sommer der nördlichen Länder nicht Rücksicht genommen ist. Dagegen zeigt Herr **Prevost** [β]), wie die Lage des Aequators mit dem Verhältnisse der Wärme zusammenhänge, und findet, das letztere müsse = 11 : 9 seyn, wenn die Gränze vom Aequator 4° entfernt liege.

In den gemäßigten und kalten Zonen herrschen **unbeständige Winde**. Inzwischen wehen fast an jedem Orte gewisse Winde häufiger, als andere; aber sie finden sich nicht zu gewissen bestimmten Zeiten und in regelmäßiger Ordnung ein. Diese Winde erstrecken sich oft über 100 Meilen weit, und führen oft eine wärmere Luft zu, als sie vorher an dem Orte war. Die Ursache dieser veränderlichen Winde ist so leicht nicht anzugeben.

Die beständigen Winde wehen sehr gleichförmig und gelinde; ihre Geschwindigkeit beträgt nicht über 10 bis 15 Fuß in einer Sekunde. Die unbeständigen Winde hingegen sind heftiger und geschwinder. Bey einer Geschwindigkeit zwischen 40 und 60 Fuß in der Sekunde heißen sie **Stürme**, und die noch geschwindern **Orkane**. **Mariotte** setzt zwar die Geschwindigkeit des heftigsten Windes nur auf 32 Pariser Fuß: allein **Derham** beobachtete schon einen Sturm von 66 engl. Fuß Geschwindigkeit, wodurch eine steinerne Säule von 12 Fuß Höhe, 5 Fuß Breite und 2 Fuß Dicke abgebrochen ward. **Kraft** beobachtete am 24. März 1741. zu Petersburg einen Orkan, der in einer Sekunde $109\frac{7}{10}$ rheinl. Fuß durchlief, und zu anderer Zeit einen von 123 Fuß.

Diese unbeständigen Winde wehen nicht mit gleichförmiger Geschwindigkeit, vielmehr erfolgen sie gleichsam stoßweise, oft mit erstaunlicher Gewalt, legen sich dann bald wieder, ruhen so zu sagen ein wenig aus, und fangen dann von neuen wieder

[α]) Cogitationes de distributione caloris per tellurem.

[β]) Ueber die Gränze der regelmäßigen Winde; aus dem journ. de phys. 1791. übers. in Gren's Journ. der Physik, B. VIII. S. 88 f.

wieder zu wüthen an. Gewöhnlich sind sie auf der See noch viel stärker, als auf dem Lande. Es ist bekannt genug, welche Verwüstungen Stürme dieser Art anrichten.

Die Gewalt des Windes hängt von seiner Geschwindigkeit und der Dichte der Luft ab. Musschenbroek *) gibt einige Rechnungen hierüber, wobey er annimmt, das Moment des Windes verhalte sich wie das Produkt der Luftmasse in das Quadrat der Geschwindigkeit. Nach dieser Voraussetzung müssen sich die Geschwindigkeiten von Wasser und Luft, wenn beyde gleich wirken sollen, wie die Quadratwurzeln ihrer specifischen Gewichte verhalten. Auch lehren die Versuche, daß die Luft etwa 24 Mahl schneller, als das Wasser, sich fortbewegen müsse, um mit diesem eine gleiche Wirkung auf eine ebene Fläche zu thun. Die Kraft des Stoßes eines fließenden Wassers ist nun dem Gewichte einer Wassersäule gleich, welche die gestoßene Ebene zur Grundfläche, und die der Geschwindigkeit zugehörige Höhe zur Höhe hat. Wenn daher das Wasser in einer Sekunde 1 Pariser Fuß durchläuft, so wird die Kraft des Stoßes auf 1 Quadratfuß Fläche dem Gewichte von $\frac{1}{60}$ Cubikfuß Wasser gleich, oder, wenn man den Cubikfuß Wasser = 63 Pfund schwer setzt, $1\frac{1}{20}$ Pfund seyn. Eben so groß ist die Gewalt eines Windstoßes, welcher in 1 Sekunde 24 Fuß durchläuft.

Der stärkste beobachtete Sturmwind von 123 Fuß Geschwindigkeit geht ungefähr $5\frac{1}{8}$ Mahl schneller, wird folglich etwa 26 Mahl stärker wirken, und auf ein Quadratfuß Fläche mit einer Gewalt von $16 . 1\frac{1}{20}$ oder etwa 27 Pfund stoßen. Hieraus läßt sich nun leicht ein Ueberschlag machen, daß er auf einen 58 Fuß hohen Baum mit einer Krone von 50 Fuß Breite und einem Stamme von 10 Fuß Höhe eine Kraft von 4200000 Pfund, und auf einen Thurm, welcher 150 Fuß hoch, und auf jeder Seite 30 Fuß breit ist, eine von mehr als 9 Millionen Pfund ausüben müsse.

Auf denselben Gründen beruhet die Rechnung des Windstoßes gegen ebene Flächen, welche derselbe entweder nach

 senkrech-

*) Introd. ad phil. nat. Tom. II. §. 2619 sqq.

senkrechten, oder schiefen Richtungen, wie bey den Windmühlenflügeln, trifft. **Karsten** [a]) hat die ganze Theorie mit gehörigen Anwendungen zusammenhängend vorgetragen. Man nimmt gewöhnlich an, der Druck, den eine auf die Richtung des Windes senkrechte Fläche $= \beta$ leidet, wenn des Windes Geschwindigkeit der Höhe α zugehört, und die Dichtigkeit der Luft $= \gamma$ gesetzt wird, sey $= \alpha\beta\gamma$. Dieß stimmt mit **Newton's** Theorie vom Widerstande überein, welches auch nothwendig Statt haben muß, indem der Erfolg der nähmliche bleibt, es mag sich die feste ebene Fläche in der ruhenden flüssigen Materie bewegen, oder umgekehrt die flüssige Materie mit gleicher Geschwindigkeit gegen die ruhende Fläche stoßen. Man kann daher auch $R = 2\lambda\alpha\beta\gamma$ setzen, wo der Werth von λ für jeden besondern Fall durch Erfahrungen bestimmt werden muß. M. s. **Widerstand der Mittel.**

Beym schiefen Stoße unter dem Neigungswinkel ω nimmt man den lothrechten Druck des Windes gegen die ebene Fläche $= \alpha\beta\gamma . \sin. \omega^2$ an; die Gründe aber, worauf dieß Gesetz beruhet, sind ebenfalls sehr mangelhaft. Ueberhaupt ist diese Lehre vom Stoße und Widerstande flüssiger Materien so großen Schwierigkeiten ausgesetzt, daß **Euler** [β]) selbst urtheilt, eine richtige und scharfe Theorie derselben zu geben, übersteige die Kräfte des menschlichen Verstandes.

Alle Winde werden, nach Beschaffenheit der Orte, von welchen sie kommen und über welche sie weggegangen sind, warm oder kalt, trocken oder feucht seyn. So sind alle Winde, die von den Polen, von hohen mit Schnee bedeckten Bergen und von der See herkommen, kalt, indeß die, die von der Seite der Linie ausgehen, zumahl wenn sie ihren Weg über festes Land genommen haben, welches ununterbrochen den senkrechten Strahlen der Sonne ausgesetzt war, und die, welche von ebenen Gegenden herkommen, warm und brennend heiß

a) Lehrbegriff der gesammten Mathem. Th. VI. 1771. Pneumatik, Abschn. IX

β) Dilucidationes de resistentia fluidorum, in comment. Petropol. Tom. VIII. p. 200.

heiß sind; so ist der Ostwind von der ganzen westlichen Küste von Afrika ungemein warm, auf der östlichen Küste von Amerika aber ist er kühl. Die Westwinde sind in Europa kalt, und eben dieß gilt auch zur Winterszeit vom Ostwinde, der hingegen im Sommer warm ist; der Südwind ist es noch mehr, ob er gleich einen Theil der Wärme, den er besaß, als er von Afrika ausging, über dem mittelländischen Meere abgesetzt hat. Indessen kann der Südwind für diejenigen Länder, welche an der Nordseite großer Gebirge liegen, kalt seyn; denn wenn z. B. die Alpen mit Schnee bedeckt sind, so wird dieser Wind in die Gegenden, die ihre Lage an der Nordseite derselben haben, Kälte bringen. Auch in Hinsicht der Orte, durch welche die Winde ihren Gang genommen haben, werden sie trocken oder naß seyn; überhaupt sind diejenigen, welche über große Striche festen Landes gegangen sind, trocken, indeß diejenigen, die über das Meer herkommen, regnicht sind. So sind z. B. für Frankreich die Südwinde, die über das mittelländische Meer gehen, und die Westwinde, die ihren Weg über das atlantische Meer genommen haben, naß, die Ost- und Nordostwinde hingegen, die über große Striche festen Landes gegangen sind, sind sehr trocken.

Aristoteles [α]), Seneca [β]) und Plinius [γ]) erwähnen besondere Arten plötzlicher Stürme und Orkane (repentini flatus) unter den Nahmen Prester, Exhydria, Ecnephias, Typhon. Der **Prester** soll ein mit Blitzen begleiteter Sturmwind seyn, und wird insgemein für das jetzt unter dem Nahmen der Wasserhose bekannte Meteor angenommen. M. s. **Wasserhose**. Die **Exhydria**, wobey eine Menge Wasser herabstürzt, wird gewöhnlich für den Wolkenbruch erklärt; so wie der **Eknephias**, welcher aus einer Wolke hervorbricht, den im äthiopischen Meere, und vornehmlich am Cap der guten Hoffnung vorkommenden so genannten **Travados** ähnlich zu seyn scheint. Diese Travados bestehen

α) Meteor. L. III.
β) Quaest. natur. V. 12.
γ) Histor. natur. II. 48.

hen aus kleinen schwarzen Wolken, welche sich bey stillem und klarem Wetter zeigen, innerhalb einer kleinen Stunde sich weit verbreiten, und die schrecklichsten Stürme hervorbringen, welche zuweilen den ganzen Compaß durchlaufen, Schiffe umwerfen, und Alles, was ihnen vorkömmt, zerstören. Auf der Küste von Guinea gibt es deren oft 2 bis 3 des Tages, im Aprill, May und Juni; imgleichen in Loango, Guardafui und auf dem Cap der guten Hoffnung, wo besonders die Travaden vom Tafelberge unter dem Nahmen des **Ochsenauges** bekannt sind. Der **Typhon** wird als ein heftiger, ebenfalls aus einer Wolke hervorbrechender, Wirbelwind beschrieben.

Die **Wirbelwinde** (turbines) bestehen aus einer Luftsäule, welche mit Heftigkeit um ihre Achse gedrehet wird, und zugleich eine fortgehende Bewegung zeigt. Ihre Wirkungen sind oft sehr gewaltsam.

Unter den Winden, welche eigene Beschaffenheiten besitzen, sind vorzüglich einige in den heißen Ländern merkwürdig. Dahin gehört der **Sirocco**, welcher in Italien und noch heftiger in Sicilien wehet; er erstreckt sich über einen großen Theil des mittelländischen Meeres, ja er dringt bis in die Schweiz, wo er unter dem Nahmen des **Foen** bekannt ist. Zu Palermo soll er höchstens nur 40 Stunden anhalten, in Italien aber zuweilen mehrere Tage, ja Wochen nach einander wehen. Er kommt aus den heißen Sandwüsten von Afrika, und ermattet Menschen und Thiere. Die Atmosphäre ist, so lange er wehet, trübe und neblich, so daß die Sonne nicht scheint, ungeachtet man keine Wolken am Himmel sieht. Aehnliche Winde, die aber noch viel heißer und zuweilen tödtlich sind, hat man in Egypten, Arabien, Persien und andern heißen Ländern. Sie kommen allezeit aus Sandwüsten, und haben daher auch in verschiedenen Gegenden ganz verschiedene Richtungen. Dagegen hat der **Hermattan**, ein Ostwind auf der Küste von Senegal, in einigen Gegenden keine vorzügliche Wärme. Er ist aber äußerst trocken, und ebenfalls mit einer neblichen Luft begleitet. Man kann

oft,

st, wenn der Hermattan wehet, nicht 20 Schritte weit se-
en, und es sondert sich zuweilen, wenn es sich nachher auf-
läret, ein bräunlicher unfühlbarer Staub aus der Luft, der
lles Linien dick bedeckt. Aber der gefährlichste unter diesen
ußerordentlichen Winden ist derjenige, welchen die Araber
Sam, Smum oder Samiel nennen. Er ist an den Grän-
en von Arabien und um Mecka, um den Euphrat und in
Persien bekannt. Seine Ankunft erkennt man an einer feu-
igen Röthe, die sich am Himmel zeigt. Man hört ein Zi-
chen und Prasseln in der Luft, indem er sich erhebt, und er
ödtet, wie der Blitz, Menschen und Thiere, die ihn einath-
nen, in einem Augenblicke. Dieser heiße Wind kommt
benfalls alle Zeit aus brennenden Sandwüsten, er hält aber
ur etwa eine Viertelstunde an. Man muß sich mit dem
Gesichte auf die Erde werfen, wenn man seiner Wuth ent-
gehen will, und selbst die Thiere senken ihre Köpfe, und hal-
en sie dicht an die Erde, wenn dieser Wind ankömmt. Be-
indet man sich aber mitten auf einem Flusse, so hat man von
hm nichts zu befürchten. Die Körper der Menschen und
Thiere, welche er tödtet, faulen außerordentlich schnell. Herr
Hube ist der Meinung, daß alle diese Winde mit Elektri-
ität überladen sind, besonders aber der Smum.

Was die Theorie der Winde betrifft, welche für die Me-
teorologie so wichtig seyn würde, so ist diese immer noch sehr
unvollkommen. Ein vorzüglich schönes Beyspiel der Me-
hode, gesammelte Erfahrungen zu ordnen, und von ihnen
ur Entdeckung der physischen Gesetze und Ursachen fortzu-
gehen, gab Baco von Verulam *) an der Lehre von
den Winden. Er handelt in selbiger von den allgemeinen,
periodischen, und in einem Lande oder einer Jahrszeit eigen-
thümlichen Winden, von den Gegenden des Himmels, wo-
her sie wehen, von ihren verschiedenen Eigenschaften, von
hrem örtlichen und zufälligen Ursprunge, von den außeror-
dentlich und plötzlich entstehenden Winden, von den Ursachen,
die sie verstärken und schwächen, von ihren Gesetzen in Rück-

 sicht

*) Historia natur. et experim. de ventis; in opp. 1665. p. 439.

sicht der Zeit und des Raumes, von ihrer Nacheinanderfolge, ihren Bewegungen, Wirkungen, ihren Vorhersagungen und von den verschiedenen Methoden, sie nachzuahmen. Den vorzüglichsten Grund aller dieser Winde setzt Baco in die Erwärmung und Erkältung der Atmosphäre. Ueberhaupt haben alle, welche von der Theorie der Winde geschrieben haben, als Colepreß [α]), Garden [β]), Wargertin [γ]), Strahl [δ]) u. a. Erwärmung und Erkältung als Hauptursachen von der Entstehung der Winde angenommen.

Musschenbroek [ε]) theilt die Ursachen der unbeständigen Winde in vier Classen, je nachdem sie sich unter der Erde, auf der Erdfläche, im Luftkreise, oder endlich über demselben befinden. Von den unterirdischen Winden, welche aus den Aeolushöhlen hervorbrechen, zeugen viele Beobachtungen. Als Ursachen derselben lassen sich ungleiche Erwärmung und Erkältung in communicirenden Gängen, Wind durch einen Fall des Wassers veranlaßt, unterirdisches Feuer, Erdbeben, Durchstreichen des äußern Windes durch Gänge unter der Erde u. s. f. angeben. Bisweilen brechen solche Winde aus dem Meergrunde hervor, und verursachen ein Aufwallen und Brausen des Wassers. Auf der Erdfläche gibt es beynahe unzählbare Umstände, welche die Luft bewegen können, die Meereswellen, aufsteigende Dünste, starke Feuer und Explosionen, das Schmelzen des Schnees, Fall der Körper, Gährung und Fäulniß der Körper, durch die Menge entwickelter elastischer Materien u. s. f. Im Luftkreise aber ist ohne Zweifel der Sitz der vornehmsten Ursachen, die Verdichtung und Verdünnung der Luft durch Kälte und Wärme, durch Aufsteigen der Dünste und Herabfallen des Regens, durch Erweiterung und Zusammendrückung der Wolken, die Luftelektricität, die Erkältung der Luftsäulen durch den Schatten der

α) Philos. Transact. n. 26.

β) Philos. Transact. n. 175.

γ) Schwed. Abhandl. B. XXIV. v. J. 1762. S. 173 f.

δ) Theorie des Windes und der Kälte, in den Leipz. Samml. zur Physik u. Naturgesch. B. II. St. 5. S. 575.

ε) Introd. ad phil. nat. Tom. II. §. 2604 sqq.

der Wolken, und das Aufbrausen verschiedener einander begegnenden Ausdünstungen, wodurch elastische Materie sich erzeugt, endlich der Blitz, indem er die Luft aus der Stelle treibt, und andere veranlaßt, sich in den leeren Raum zu ergießen. Ueber dem Luftkreise endlich finden sich noch Ursachen der Winde in der Anziehung der Sonne, und vornehmlich des Mondes, welche auf die Luft eben so, wie auf das Meer wirken.

Herr de Lüc [α]) führt als die am besten bekannten Ursachen der regelmäßigen Winde den jährlichen und täglichen Lauf der Sonne, nebst der Bewegung an, welche der Luft durch die Umwälzung der Erde um ihre Achse mitgetheilt wird. Diese letztere nähmlich muß derjenigen Luft, welche vom Aequator in die nördlichen Polarkreise übergeführt wird, wo die Umdrehung langsamer erfolgt, eine Richtung nach Osten geben, weil diese Luft die ihr mitgetheilte stärkere Bewegung nach dieser Gegend noch eine Zeit lang beybehält, dadurch muß sich der Wind, welcher eigentlich Süd seyn sollte, in Südwest verwandeln. Die umgekehrte Ursache muß für uns die Nordwinde in Nordost verwandeln. Da aber die Winde bey weiten nicht das Regelmäßige zeigen, welches diese Ursachen allein hervorbringen müßten, so muß es noch andere und wirksamere geben. Nach Herrn de Lüc's Urtheile gehören dahin die Ausdünstung und der Regen, wovon letzterer, wenn er plötzlich entsteht, fast alle Zeit mit Sturm begleitet ist. Auch hatte schon de Saussüre [β]) beyde zur Erklärung gewisser Winde gebraucht, wobey er glaubte, daß theils die elastischen Dünste bey ihrer plötzlichen Verdichtung zu tropfbarem Wasser leere Räume veranlassen, theils der Regen selbst wieder elastischen Dunst erzeuge, und dadurch eine merkliche Ausdehnung in der Luft verursache. Allein de Lüc zeigt, daß die gewöhnliche Art, Ausdünstung und Regen zu betrachten, zu Erklärung der gewaltsamen Stürme, welche so oft vor den Gewittern und Platzregen vorhergehen, nicht

α) Neue Ideen über die Meteorologie, Th. II. §. 840 f.
β) Essai sur l'hygrometrie. Essai IV. §. 283.

nicht hinreichend sey. Vielmehr sucht er die wahre Ursache dieser großen Windstöße in den schnellen Verwandlungen, die sich in der Atmosphäre zutragen. Wenn die Dünste, welche sich durch die Ausdünstung in die Atmosphäre erhoben hatten, eine Zeit lang in selbiger in Luftgestalt befindlich gewesen sind, so werden sie vielleicht plötzlich und mit großer Zunahme des Volumens wiederum in Wasserdunst verwandelt, und dieser verdichtet sich nun mit starker Abnahme des Volumens zu tropfbarem Wasser. Aus so schnellen und starken Veränderungen des Volumens werden die Stürme und Windstöße sehr begreiflich, welche man bey plötzlicher Bildung der Wolken und bey Platzregen fast alle Mahl wahrnimmt. Und wenn nach Herrn **de Lüc's** Meinung die Wolken keine bestimmte bleibende Massen, sondern nur vorüber gehende Erscheinungen sind, welche alle Augenblicke zerstört und wieder erzeugt werden (m. s. **Wolken**), so erklärt sich auch hieraus der Umstand von lang anhaltenden Winden.

Nach Herrn **Hube** sind die vorzüglichsten Ursachen der veränderlichen Winde die Verschiedenheit in der Erwärmung durch die Sonne, Ausdünstung und Elektricität. Wenn die kalte Luft der Pole nach den wärmern Gegenden fortfließt, so muß sie bald eine starke Abweichung von Osten nach Westen erhalten, weil die Geschwindigkeit der Oberfläche der Erde aus ihrer Umdrehung nirgend so ungemein schnell zunimmt, als nahe an den Polen. Daher sind auf den dortigen Eismeeren die Ostwinde so gewöhnlich. Auch wir haben im Frühjahre häufige Ostwinde, weil uns nach Osten zu gebirgige, von großen und offenen Meeren weit entfernte kalte Länder liegen, die sich spät von der Sonne erwärmen, und also vorzüglich im Frühjahre eine viel kältere Luft zu haben pflegen, als wir. Auf dem mittelländischen Meere herrschen, wegen der hohen Gebirge der syrischen Küste, die Ostwinde nicht allein im Frühlinge, sondern auch im Herbste, weil das Meer seine Hitze nicht so geschwind verliert, als das feste Land; und die südlichen Winde, welche im Winter

auf

auf dem rothen Meere so gemein sind, entspringen wahrscheinlich auf den kalten Gebirgen von Abyssinien.

Die Verschiedenheit in der Sonnenwärme macht auch, daß oft aus beschatteten Thälern zwischen hohen Bergen, oder aus engen Oeffnungen tiefer Berghöhlen, des Sommers bey Tage Winde herausfahren, die um desto heftiger werden, je mehr die Hitze des Tages zunimmt, gegen die Nacht aber aufhören, weil alsdann die äußere freye Luft noch kühler ist, als die eingeschlossene innere. Eben so entstehen, vorzüglich im Sommer, zwischen nahe gelegenen Ländern oft Winde, wenn das eine, entweder weil es dicke Gewölke beschatten, oder häufige Regen erkälten, oder auch aus andern Ursachen von der Sonne viel weniger erwärmt wird, als das andere. Solche Winde legen sich meisten Theils des Abends, und fangen nachher am folgenden Tage wieder an.

Eine andere Art der Winde leitet Hube seinem Systeme gemäß aus starken und schnellen Auflösungen der Dünste von der ersten Art her, wobey die Luft ihr eigenthümliches Gewicht behält, oder wohl gar wegen der Erkältung durch die Auflösung noch schwerer wird, also von unten dahin fließt, wo sie den wenigsten Widerstand findet. So entstehen die Schneewinde, auch Winde aus regnenden Wolken, die über eine heiße, trockene und stille Luft wegziehen, ingleichen nach stillem und starkem Regen, wenn die Wolken sich zertheilen, nicht weniger Winde bey starken und hohen Wasserfällen.

Der merkwürdigste dieser Art ist der schwache Ostwind, welcher sich bey stillem und heiterem Wetter kurz vor Sonnenaufgang zu erheben, eine oder zwey Stunden anzuhalten, und nachher aufzuhören pflegt. Er ist alle Mahl, und vorzüglich im Winter kalt, in gebirgigen Gegenden häufiger, als in ebenen, und meisten Theils bloß auf dem festen Lande zu bemerken. Er entsteht auf folgende Art: Die Luft auf dem festen Lande wird nach heitern Tagen die Nacht über in der Tiefe nach und nach viel kälter, als oben; dadurch wird der Unterschied in der Ziehkraft der obern und der untern Luft noch größer, als er außer dem schon seyn würde. Die Dünste

also und die vielen noch nicht ganz aufgelöseten Wassertheilchen, mit welchen sich die untere Luft bey einer Ausdünstung der ersten Art bey Tage ausfüllt, steigen die Nacht über um desto schneller in die Höhe, und häufen sich daselbst an. Nun werden die Wassertheilchen von den ersten Strahlen der Sonne, noch ehe die Sonne unten aufgehet, getroffen: sie erwärmen sich mit der Luft, in welcher sie hängen; die Ziehkraft der Luft nimmt durch die Wärme und die damit verbundene Ausdehnung zu; sie fängt, weil sie dünn ist, an, die Wassertheilchen auf die erste Art aufzulösen; sie wird dadurch plötzlich ausgedehnt, kälter und specifisch schwerer; sie fällt also herunter mit Wassertheilchen beladen, erkältet die untere Luft, und hat Zeit genug zu fallen, da die Dämmerung bey uns lange dauert. Allein sie fällt nicht gerade herab, sondern mit einer Abweichung gegen Westen, weil nach Osten hin die Atmosphäre indessen beständig auf eine größere Tiefe von der Sonne erwärmt und ausgedehnt wird, als gegen Westen. So fängt, wenn in der obern Luft Wassertheilchen genug vorhanden sind, zuletzt ein kalter Ostwind an merklich zu werden, der aber nur ein Paar Stunden nach Sonnenaufgang anhält, weil die untere Luft nach und nach immer wärmer wird, und ein Paar Stunden nach dem Aufgange der Sonne sich schon stärker zu erwärmen und auszudehnen anfängt, als die obere. Dieser schwache, aber kalte Ostwind befördert den Morgenthau, und macht, daß die Kälte kurz vor Sonnenaufgang in der Atmosphäre von oben gegen die Erde herunter zu steigen scheint.

Endlich gibt es noch eine andere Art Winde, welche in allen kalten Ländern sehr gemein und schon oben erwähnt sind. Diese lassen sich weder durch Erkältung noch Ausdünstung erklären, weil sie im erstern Falle nie wärmere Luft herbeyführen, im zweyten sich nicht so weit erstrecken könnten. Sie finden sich nie in heißen Ländern, und müssen also eine ganz besondere Ursache haben. Nach Herrn Hube liegt diese bloß in der Elektricität, von der er annimmt, daß sie bisweilen die Elasticität der in der Luft aufgelöseten Dünste, jedoch

bloß

bloß der Dünste der zweyten Art, ansehnlich verstärke. M. s. Barometerveränderungen.

M. s. *Musschenbroek* introd. ad philos. natur. T. II. §. 2548 sqq. Torb. Bergmann physikal. Beschreibung der Erdkugel durch Röhl. B. II. S. 88 f. Hube vollst. und faßl. Unterricht in der Naturlehre. B. II. Leipz. 1793. 34ster bis 37ster Brief. De la Metherie Theorie der Erde; a. d. Fr. durch Eschenbach. Leipz. 1797. 8. Th. I. S. 175 ff.

Windharfe s. Wetterharfe.

Windbüchse (sclopetum pnevmaticum, fusil à vent) ist ein Schießgewehr, welches eine solche Einrichtung besitzt, daß eine stark verdichtete Luft statt des Schießpulvers Kugeln auf die gewöhnliche Art in einem Laufe forttreibt.

Wo und von wem dieses Gewehr erfunden worden ist, ist unbekannt. Musschenbroek [α]) führt an, daß sich in der Gewehrkammer eines Deutschen, des Herrn von Schmettau, eine sehr vollkommene Windbüchse mit der Jahrzahl 1474 befunden habe. Der Gebrauch der Windbüchsen wurde aber im siebenzehnten Jahrhunderte wegen der entdeckten mechanischen Eigenschaften der Luft häufiger, als vorher. Mersenna [β]) war der erste, der ihre Einrichtung, den Gebrauch und die Stärke derselben beschrieb. Die Deutschen und besonders die nürnbergischen Künstler haben größere unter dem Nahmen Windkanonen verfertigt, welche Kugeln bis 4 Pfund schwer treiben, und damit in einer Entfernung von 400 Schritten ein 2 Zoll dickes Bret durchbohrten.

Das Wesentlichste an einer Windbüchse ist eine hinlänglich feste Windkammer, worin die Luft comprimiret wird. Diese befindet sich gleich unmittelbar an dem Schwanzstücke des Laufs, und ist von diesem durch ein Ventil getrennt, das so lange verschlossen bleibt, bis eine Kugel abgeschossen werden soll. Das Ventil wird vermittelst eines kleinen Drückers geöffnet, so wie er beym Flintenschloß sonst gewöhnlich ist. Die ganze Einrichtung ist übrigens so gemacht, daß das

Ventil

α) Introduct. T. II. §. 2512.
β) Phaenom. pnevmat. prop. 22. 23.

Ventil jedes Mahl nur wenige Augenblicke offen bleibt, damit nur so viel Luft herausgehe, als eine Kugel fortzutreiben nöthig ist; und davon hat man die Bequemlichkeit, daß mehrere Schüsse nach einander geschehen können, ohne daß es nothwendig wäre, von neuen Luft einzupumpen.

Die gemeinen Windbüchsen mit einfachem Laufe haben die Windkammer im Schafte, den man vom Laufe abschrauben und statt dessen eine Druckpumpe anschrauben kann, welche die Luft zu comprimiren dient. Damit man diese Verdichtung der eingeschlossenen Luft desto weiter treiben könne, verbindet man auch wohl mit der Pumpe eine Druckstange, indem man die Stempelstange an der Wand des Zimmers so befestiget, daß sie sich daselbst frey drehen kann. Das andere Ende aber wird mit den Händen angegriffen, und so um den Schaft mit der Pumpe wechselsweise gehoben und niedergedrückt [a]).

Andere Windbüchsen besitzen einen doppelten Lauf aus zwey Cylindern, wovon der eine in den andern steckt, so daß beyde eine gemeinschaftliche geometrische Achse haben. Dieser Lauf ist an einem gewöhnlichen Flintenschaft befestigt, und in dem letztern eine kleine Druckpumpe angebracht, welche die Luft in dem Raume zwischen beyden Läufen zu verdichten dient. Die Stempelstange wird da, wo sie aus dem Schafte hervorragt, mit einem Ringe versehen, durch welchen man einen eisernen Bolzen steckt, wenn die Luft eingepumpt werden soll. Auf den Bolzen tritt man alsdann mit den Füßen, greift den Lauf der Windbüchse mit den Händen an, und kann auf solche Art nur durch abwechselndes Heben und Niederdrücken der ganzen Windbüchse das Einpumpen bewerkstelligen.

Nollet [b]) hält die Windbüchsen mehr für curiöse als nützliche Werkzeuge, weil sie nicht so dauerhaft, bequem und so sicher zum Gebrauche sind, als andere Schießgewehre; auch tadelt er sie wegen ihrer Wirkung im Stillen als ein gefährli-

a) S. *Musschenbroek* introd. Tom. II. §. 2511.
b) Leçons de phys. exper. Tom. III. leç. X. Sect. I. cap. 7.

fährliches Werkzeug. Dieser letzte Grund betrifft aber bloß den Mißbrauch der Sache, und der erste hängt von der Geschicklichkeit des Künstlers ab. Von den Windbüchsen pflegt man nicht so viel Wirkung als von andern Schießgewehren zu erwarten, und es ist doch wenigstens ein nicht zu verachtender Vortheil, daß man sich ihrer an Orten bedienen kann, schädliche Thiere zu tödten, wo anderes Geschütz wegen Feuersgefahr zu gebrauchen nicht rathsam wäre.

Die Theorie von den Windbüchsen wird von **Karsten** α) abgehandelt. Wenn man nach **Regnault** die Luft in den Windbüchsen 100 Mahl dichter machen könne, als die natürliche ist, so findet **Karsten** bey der Länge des Laufs 4 Fuß, dem Durchmesser der Kugel $\frac{2}{3}$ Zoll, der Länge des Raums, welcher anfänglich die verdichtete Luft enthält, = 2 Zoll, daß die Bleykugel mit einer Geschwindigkeit von 654 Paris. Fuß in einer Sekunde aus dem Laufe getrieben wird, welche Angabe aber wegen des Gegendrucks und Widerstandes der Atmosphäre auf 628 Fuß herabzusetzen ist.

Winde s. **Rad an der Welle.**

Windkugel, Dampfkugel, Aeolipila (aeolipila, eolipile) ist ein hohles metallenes Gefäß in Form einer Kugel oder Birne, an welcher sich eine lange, bisweilen umgebogene, Röhre mit einer engen Oeffnung befindet. Wenn in einem solchen Gefäße etwas Wasser über Kohlen bis zum Sieden gebracht wird, so dringt der dadurch entstandene Dampf aus der engen Oeffnung des Schnabels hervor, und verursacht einen sehr lebhaften und anhaltenden Wind.

Die Windkugeln sind schon den Alten bekannt gewesen. **Vitruv** β) führt sie an, um aus ihnen den Wind zu erklären, zu welcher Absicht sie auch von **Cartesius** γ) erwähnt werden. **Mariotte** δ) widerlegte aber schon diese Meinung, und bewies sehr richtig, daß sich im Luftkreise gar keine

α) Lehrbegr. der gesammt. Mathem. Th. VI. Pneumat. Abschn. IX.
β) Architectura. Lib. I. cap. 6.
γ) Meteor. cap. IV. §. 3.
δ) Traité du mouvement des eaux. P. I. disc. III. in den oeuvres, p. 431 sqq.

keine so heftige Verdampfung des Wassers durch Hitze, und keine ähnliche Sperrung der erzeugten Dämpfe, wie bey der Dampfkugel gedenken lasse.

Wolf *) hat von den Dampfkugeln ausführlich gehandelt. Dasjenige war eine kupferne Kugel von 37 Linien im Durchmesser; ihre Röhre hatte an der Kugel 5½ Linie, an der Oeffnung kaum ⅓ Linie Durchmesser, so daß man nur mit einer dünnen Stecknadel hinein kommen konnte. Um Wasser in ein solches Gefäß hinein zu bringen, muß man sie leer über glühende Kohlen halten, damit ein Theil Luft herausgetrieben werde, hiernächst steckt man den Schnabel unter Wasser, da nach der Erkaltung der Kugel Wasser durch den Druck der Atmosphäre hineingetrieben wird. Sonst hat man auch Windkugeln, an welchen sich der Schnabel abschrauben und die Kugel mit Wasser anfüllen läßt.

Wolf brachte an die Oeffnung der Dampfkugel, wo der herausgehende Dampf noch dicht bey einander ist, ein gläsernes cylindrisches Gefäß, um den Dampf hinein gehen zu lassen, hier fand er, daß das Glas inwendig überall naß wurde, und endlich unten sich Wasser ansammelte. Um aber noch besser zu zeigen, daß flüssige Materien in Dampfkugeln nur in Dünste aufgelöset werden, keines Weges aber, wie man sonst glaubte, in wahre Luft übergehen, lösete er Kampher in Weingeist auf und füllte mit dieser Auflösung die Dampfkugel. Die Dämpfe dieser Auflösung verdichteten sich in kälterer Luft wieder zu eben demselben Weingeist mit Beybehaltung des Kamphergeruchs und Geschmacks, ja an einigen Orten legte sich Kampher an. Ueber dieß ließ sich der Kampherstrahl entzünden, wenn er ihn durch die Flamme eines Lichts gehen ließ, wobey er aber den Docht nicht treffen durfte, weil der Strahl sonst das Licht ausblies.

Windmesser, Anemometer (anemometrum, anemométre) sind eigene Vorrichtungen, die Stärke und Geschwindigkeit des Windes damit zu messen. Man unterscheide diese Werkzeuge von den Anemoskopen, Plagoskopen,

*) Nützliche Versuche, Th. I. Cap. VII.

skopen, **Windzeigern**, als welche bloß die Richtung des Windes zu zeigen dienen. M. s. **Anemoskop**. Man hat eine Menge von Einrichtungen dieser Werkzeuge in Vorschlag gebracht, allein noch keine einzige hat der Absicht, die man dadurch zu erreichen glaubte, ein Genüge gethan.

Es lassen sich die vorgeschlagenen Werkzeuge dieser Art auf zwey Klassen bringen, deren erste eine Maschine durch Windflügel umtreiben läßt, die zweyte aber weit einfacher den Windstoß mit einer ebenen Fläche auffängt, um seine Stärke und Geschwindigkeit aus dem Winkel zu bestimmen, um welche diese Fläche gehoben oder aus der vertikalen Stellung gebracht wird.

Ein Anemometer von der ersten Klasse beschreibt **Wolf** a). Es besteht dieses aus einer Welle mit vier kleinen Windflügeln. Diese Welle ist mit einigen Schraubengängen versehen, welche als Schraube ohne Ende in ein Stirnrad eingreifen. Mit der Achse dieses Stirnrades ist der Arm eines Hebels rechtwinkelig verbunden, und am Ende desselben ein Gewicht angebracht. Wenn gar kein Wind geht, so steht dieser Arm vertikal herabwärts; beym Umlaufe des Flügels aber wird er mit der Achse des Rades umgedreht, und das Gewicht gehoben. Weil nun auf solche Art auch das Moment des Gewichts wächst, so kann es jeder Windstoß nur auf eine gewisse Höhe heben. Wenn aber die Stärke des Windstoßes nachläßt, so bleibt das Gewicht stehen, weil das Stirnrad die Schraube ohne Ende nicht zurückdrehen kann. Erfolgt ein noch stärkerer Windstoß, so drehet dieser das Rad noch ein wenig fort, und hebt dadurch den Hebelarm mit dem Gewichte noch etwas weiter. Zuletzt zeigt also dieses Werkzeug die Wirkung des stärksten Windstoßes an, welcher während der Zeit seiner Aussetzung in den Wind die Flügel getroffen hat. Die Größe dieser Wirkung wird durch einen Winkel bestimmt, den ein Zeiger an der Achse des Stirnrades an einem in seine Grade getheilten Quadranten angibt. Die

a) Elementa aerometr. 1709. prop. 109.

die eigentliche Stärke und Geschwindigkeit des Windstoßes aber müßte erst durch die Einrichtung der ganzen Maschine berechnet werden; allein hierzu ist bis jetzt die Theorie des Windstoßes auf die Windflügel noch nicht aufs Reine. Ueber dieß würde dieß Anemometer bloß dazu dienen, die Stärke der heftigsten Windstöße zu beurtheilen, und gleichwohl kann es nützlich seyn, die mittlere Geschwindigkeit des Windes auf eine oder etliche Stunden zu wissen, welche an diesem Instrumente nicht wahrgenommen werden kann.

Leupold [α]) hat das Wolf'sche Anemometer ebenfalls nebst verschiedenen andern Einrichtungen beschrieben, welche aber alle der Absicht kein Genüge leisten.

Wenn man eine kleine mit Windflügeln versehene Maschine so einrichtet, daß ein mäßiger Wind das Rad schon in Umlauf bringt, und daß sich die Umläufe des Rades leicht zählen lassen, oder sich auch selbst durch einen Zeiger zählen, so gibt diese Einrichtung die Veränderung der Geschwindigkeit an, weil das Rad bey schnellerm Winde in gleicher Zeit mehr Umläufe macht. So ist das Anemometer des **Ons-en-bray** [β]) eingerichtet, welches aber durch viele angebrachte Künsteleyen äußerst zusammengesetzt ist. Diese Einrichtung zeigt nicht bloß die Richtung und Geschwindigkeit des Windes durch die Anzahl der Umläufe, sondern bemerkt auch dieselbe in Abwesenheit des Beobachters auf einem Papiere, auf den man nach 24 Stunden sieht, was für Winde, und in welchen Stunden sie gewehet haben, auch wie sich ihre Geschwindigkeit verändert hat. Die ganze Maschine steht im Zimmer, und wird durch ein auf dem Dache befindliches horizontales Windrad gedrehet. Die Einrichtung einer solchen Maschine scheint jedoch nicht ursprünglich französisch zu seyn, indem schon **Leupold** vorher eines ähnlichen Werkzeuges erwähnt, welches der Hofjuwelier **Dinglinger** in Dresden in seinem Hause habe aufrichten lassen.

Scho-

α) Theatr. machin. gener. §. 347. S. 141. ingl. theatr. aerostat. cap X. §. 801 u. f.

β) Memoir. de l'Acad. des scienc. de Paris 1734.

Schober *) gebrauchte eine kleine Maschine mit Windflügeln, an welche eine Glocke so angebracht war, daß sie jede sechs Umläufe des Rades durch einen Schlag andeutete. So ließ sich durch Zählung der Schläge in einer Minute die mittle Geschwindigkeit der Flügel erfahren. Um daraus auf die Geschwindigkeit des Windes zu schließen, wäre es am bequemsten, die Einrichtung so zu treffen, daß der Schwerpunkt der Flügel eben so geschwind im Kreise umlaufen müßte, als der Wind selbst fortgeht. Hierauf gehen eigentlich Schober's Versuche, und er glaubt gefunden zu haben, daß man diese Absicht erreiche, wenn die Stellung der Flügel mit der Umlaufsachse einen Winkel von 52° macht.

Eine bequemere und einfachere Einrichtung besitzen die Anemometer der zweyten Klasse, wovon das erste ohne Benennung des Erfinders in den philosophischen Transactionen β) vorkommt. In der fig. 41. sieht man die ganze Einrichtung deutlich. In dem Winkelpunkte eines in seine Grade getheilten Quadranten ist ein Stab, dessen Ende eine ebene Fläche trägt, gegen welche der Wind stößt, beweglich. Bey völliger Windstille hängt dieser Stab mit der ebenen Fläche vertikal; beym entstehenden Winde aber wird diese Fläche aus der vertikalen Lage gebracht und erhoben. Aus dem Winkel, welchen sie durchläuft, läßt sich alsdann die Stärke und Geschwindigkeit des Windes bestimmen. Weil sich diese ebene Fläche, welche der Wind heben soll, allemahl seiner Richtung entgegen kehren muß, so hat man nachher am obern Theile der Spindel eine überwiegend große Wetterfahne angebracht, welche der Wind selbst herumdrehet, und dadurch dem ganzen Instrumente die gehörige Stellung gibt. Ein solches Werkzeug gibt durch den Grad, auf welchen es gehoben wird, die Stärke des Windes für diesen Augenblick an, und muß entweder so gleich beobachtet, oder durch einen Sperrhaken, der es nicht wieder zurückfallen läßt, an der höchsten Stelle

Tt 2 fest

*) Versuche über die Stärke des Windstoßes im Hamb. Magazin, B. IX. St. 2. u. 3.

β) Num. 24. p. 444.

fest gehalten werden. Im letztern Falle kann ein stärkerer Windstoß die Fläche noch höher heben, und es zeigt also am Ende bloß die Wirkung des stärksten Stoßes an, von dem es während der Zeit seiner Aussetzung an den Wind ist betroffen worden.

Der Herr von Dalberg [a]) schlägt anstatt der fig. 41. vorgestellten Fläche einen großen Schirm von Eisenblech vor, der durch die Fahne dem Winde immer entgegen gehalten wird. Dieser Schirm bewegt sich unten in Angeln, und oben wird er durch einen Draht, welcher über eine an der Spindel befindliche Rolle hinunter in das Zimmer des Beobachters geht, und ein Gewicht trägt, gegen die Spindel zurückgehalten. Wenn der Windstoß ankommt, tritt der Schirm nach Verhältniß der Stärke des Stoßes weiter oder weniger aus der vertikalen Stellung, und hebt dadurch das Gewicht im Zimmer. Dieß Gewicht befindet sich an einem Hebel, durch dessen eigene Einrichtung die Stärke des Windstoßes angegeben wird; auch kann zu einer gleichen Absicht eine Wage mit einer Spiralfeder angegeben werden. Dieser Windmesser ist zugleich mit einem Windzeiger und einer Vorrichtung zu Bestimmung der Neigung des Windes gegen den Horizont verbunden, welche beyde im Zimmer beobachtet werden können.

Herr Oertel [b]) gibt einige sehr sinnreiche Gedanken zur Einrichtung eines solchen Anemometers. Eine Fahne (fig. 42.) b sitzt auf der stählernen konischen Spitze des eisernen Stabes i innerhalb des Rohres c, welches oben bey a mit einer dichten Platte von gegossenem Zinn und Kupfer geschlossen ist. Unter der Fahne ist an das Rohr c ein horizontaler Stab befestiget, der mit zwey Lappen e und k von eben dieser Composition zusammengesetzt ist, in welchem sich die Horizontalfahne d mit konischen Spitzen ohne große Friktion auf und nieder bewegen kann. Diese Angelpunkte

e

a) Anemomètre proposé aux amateurs de météorologie, à Erfurt. 1781.

b) Gothaisch. Magazin für das Neueste aus der Phys. und Naturgesch. B. VI. St. 1. S. 89 u. f.

e und k müssen durch ein leichtes Blech vor dem Regen geschützt werden. Weiter unten wird ein Quadrant von Messing angebracht, der um den Mittelpunkt der Linie ke beschrieben ist, und bey g durch ein Loch der Fahne geräumig durchgeht. Jedes Quadrat dieses Quadranten formirt einen Einschnitt, worein ein an der innern Seite der Fahne d befindlicher Sperrkegel fallen, und sie unter jedem Winkel, den ihr die Stärke des Windes gibt, fest halten muß. Da dieser Sperrkegel nur eine sanfte Feder nöthig hat, so kann die daher entstandene Friktion weiter nicht in Betrachtung gezogen werden. So bleibt nun die Horizontalfahne unter dem Winkel, welchen ihr der stärkste Windstoß gegeben hat, so lange stehen, bis sie der Beobachter durch Aushebung des Sperrkegels wieder in die horizontale Stellung bringt. Um nun solchen Einrichtungen eine durchgängige Gleichförmigkeit zu geben, schlägt Oertel vor, man soll sich über das Gewicht der Fahne, und über die Kräfte, welche nöthig sind, sie in der ersten senkrechten Richtung zu bewegen, und in der größtmöglichen Höhe zu erhalten, als über allgemein bestimmte Normalgewichte, vergleichen. Dann zeigt er noch Mittel, der Fahne vermittelst eines Gegengewichtes f dieses Normalgewicht genau zu geben, und durch eine ähnliche Vorrichtung den Winkel des Windes mit der Horizontalfläche zu messen.

Diesen Gedanken gibt Herr Kästner *) allen Beyfall, bemerkt aber, daß es wohl besser seyn möchte, statt der vorgeschlagenen Normalgrößen, das Gewicht, das der Wind an jedem Werkzeuge dieser Art wirklich erhält, jedes Mahl durch Rechnung zu bestimmen, wozu er folgende Formeln mittheilt. Es sey (fig. 43.) ac die Stange, bd ein Durchschnitt der Horizontalfahne oder des Blechs, dessen Schwerpunkt in e, sein Gewicht $= q$, der Winkel cbd, auf welchen es der Wind hebt, $= \alpha$, so wird sich das im Schwerpunkte nach eh treibende Gewicht q in zwey Kräfte zerlegen lassen, die eine nach ed, welche durch die Festigkeit der Stange und des

*) Gothaisches Magazin für das Neueste aus der Phys. u. Naturgesch. B. VI. St. 3. S. 84 u. f.

Blechs aufgehalten wird, die andere nach eg, welche das Blech um b zu drehen strebt. Diese letztere wird vom Winde erhalten, und ist $= q . \sin. \alpha$. Wenn man nun die Stärke des Windes nach dieser Kraft vergleichen will, so wird ein Windstoß, welcher das Blech vom Gewichte q um den Winkel α erhob, ein anderes vom Gewichte p um den Winkel β erheben, dessen Sinus $= \frac{q . \sin. \alpha}{p}$ ist. So bald dieser Werth $= 1$ wird, bringt der Wind das Blech in eine völlig horizontale Lage, und wenn er > 1 wird, so hebt er es noch höher, trifft nun seine andere Seite, stößt es also wieder herab, so daß es flattert. Hätte man z. B. beobachtet, ein sehr schwacher Wind höbe ein Blech von 1 Pfund auf 30°, wobey $q . \sin. \alpha = \frac{1}{2}$ wäre, so dürfte man keines von $\frac{1}{2}$ Pfund nehmen, weil dieses von einem nur wenig stärkern Winde flattern würde.

Um aber die Geschwindigkeit des Windes zu bestimmen, muß die Theorie des schiefen Stoßes zu Hülfe genommen werden, nach welcher der Stoß auf die ebene Fläche δ unter dem Winkel ω, wenn die Dichtigkeit der flüssigen Materie $= \gamma$, und die der Geschwindigkeit zugehörige Höhe $= \varepsilon$ gesetzt wird, $= 2 \lambda \gamma \delta \varepsilon . \sin \omega^2$ ist, wo λ aus Versuchen zu bestimmen ist. M. s. Wind. Wenn nun der Wind nach fe auf die Fläche bd unter dem Winkel bef $= 90 - \alpha$ so stark stößt, daß dadurch nach der Richtung ge das Gewicht q sin. α erhalten wird, so hat man

$$q . \sin. \alpha = 2 \lambda \gamma \delta \varepsilon \cos. \alpha^2,$$

und daraus $\varepsilon = \frac{q . \sin. \alpha}{2 \lambda \gamma \delta . \cos. \alpha^2}$. Es halte z. B. das Blech 1 Quadratfuß Fläche, und wiege 1 Pfund. Die Dichtigkeit der Luft sey $= \frac{7}{80}$ Pfund; das Blech werde um 30° erhoben, daß folglich $\sin. \alpha = \frac{1}{2}$ und $\cos. \alpha^2 = \frac{3}{4}$ ist; so wird, $2\lambda = 1$ gesetzt, $\varepsilon = 1 . \frac{1}{2} : (\frac{7}{80} . 1 . \frac{3}{4}) = \frac{160}{21} = 7\frac{13}{21}$ Fuß seyn, wofür sich die zugehörige Geschwindigkeit $= 2 \sqrt{g \varepsilon} = 21, 82$ Fuß in einer Sekunde findet. Endlich ist die Stärke des

des Stoßes, welchen der beobachtete Wind nach der Richtung fe auf eine ihm senkrecht entgegengestellte Fläche von gleicher Größe mit bd ausüben würde $= \frac{q \cdot \sin. \alpha}{\sin. bef^2} = \frac{q \cdot \tan g \alpha}{\cos. \alpha}$. Herr Kästner glaubt, diese Rechnungen könnten dienen, Herrn Oertel's Vorschlag leichter in Ausübung zu bringen, besonders wenn man nichts weiter als die Stärke des Stoßes, nicht die Geschwindigkeit verlange.

Mit einem solchen Windmesser, der aus einer vom Winde gehobenen Platte besteht, verbindet Herr Herrmann [α]) eine Vorrichtung, durch welche selbst in Abwesenheit des Beobachters mittelst einiger in gewisse Fächer geworfener Würfel 24 Stunden lang von Zeit zu Zeit die Stärke des Windes nach vier verschiedenen Graden bemerkt wird. Alle Viertelstunden z. B. fällt ein Würfel aus, und legt sich in dasjenige Fach, welches der Wind seiner verschiedenen Stärke nach gerade in diesem Augenblicke vor die Oeffnung bringt. Auf dem Würfel ist die Viertelstunde, um welche er herausfiel, bemerkt u. s. f.

Eine Art von Windmesser, welche immer noch eine der besten bleibt, beschreibt Bouguer [β]). Sie besteht aus einem Bleche von 1 Quadratfuß Fläche, welche dem Winde senkrecht entgegen gehalten wird. Der Wind treibt dieß Blech mit einem mitten daran befestigten Stiele in eine Art von Futteral hinein, an dessen Boden eine Spiralfeder entgegendrückt. Ein stärkerer Wind treibt also den Stiel tiefer hinein, als ein schwächerer, und durch einen Sperrkegel wird der Stiel festgehalten, so daß er nicht wieder zurück kann. So läßt es sich beobachten, wie tief der Wind ihn hineingetrieben hat, und versuchen, wie viel man Gewicht braucht, ihn eben so weit hinein zu treiben.

α) Mechanischer verbesserter Wind-, Regen- und Trockenheitsbeobachter Freyb. u. Annab. 1789. 8.
β) Manoeuvre des vaisseaux. p. 151.

Eine andere Art von Windmesser beschreibt Herr Woltman α).

Man hat auch den Gedanken gehabt, die Stärke des Windes durch den Ton von Pfeifen oder Saiten zu bemerken. Eine solche Windpfeife beschreibt Leupold β), welche bey stärkerm Winde einen höhern Ton angibt.

M. s. Lehrbegriff der gesammten Mathematik von Karsten, Th. VI. Pnevmat. Abschn. X.

Windrose, Schiffsrose (rosa nautarum, rose de vent, cadran des vents) heißt bey den Schiffern ein von 8, 16 oder 32 gleich langen Spitzen verzeichneter Stern, welche die Peripherie eines Kreises, in welcher sie sich endigen, in eben so viele gleiche Theile theilen, und durch ihre Richtungen die Lage der Weltgegenden bezeichnen. M. s. Weltgegenden. Man bezeichnet gewöhnlich diejenige Spitze der Rose, welche den Nordpunkt angeben soll, durch eine Lilie oder ein anderes Merkmahl, und setzt zu jeder der übrigen Spitzen den Nahmen der zugehörigen Weltgegenden. Wenn nun die Schiffsrose eine solche Lage hat, daß die nördliche Spitze gerade nach dem Mitternachtspunkte gerichtet ist, so zeigen die übrigen Spitzen nach den beygeschriebenen Weltgegenden, und geben ein Mittel, jede derselben leicht zu finden.

Bey den Boussolen, welche auf dem festen Lande gebraucht werden, verzeichnet man die Windrose auf die innere Grundfläche des Gehäuses, und setzt die Magnetnadel auf einen im Mittelpunkte senkrecht stehenden Stift darüber. Am Seecompaß aber besteht die Windrose aus zwey runden Pappscheiben, zwischen welche die Magnetnadel so eingelegt wird, daß ihr Nordpol mit dem Nordpunkte der Rose zusammenstimmt. Die ganze Scheibe erhält in der Mitte ein Hütchen, womit sie auf einem Stifte im Boden des Gehäuses frey aufliegt. Auf solche Art zeigt sie durch ihre Richtung die

α) Theorie und Gebrauch des hydrometrischen Flügels oder zuverlässige Methode, die Geschwindigkeit der Winde und strömenden Gewässer zu beobachten. Hamb. 1790. 4.

β) Theatr. aerostat. cap. 10. §. 122. 131.

die magnetischen Weltgegenden, welche von den wahren um die Abweichung der Magnetnadel verschieden sind.

Auch werden auf die Land- und Seekarten Windrosen gezeichnet, deren nördliche Spitzen sich nach der Richtung der Mittagslinie auf die Gegend des Nordpols zu kehren. Auf den Seekarten, wo die Meridiane alle unter sich parallel und gerade verzeichnet werden, lassen sich überall Windrosen anbringen, deren gleichnahmige Spitzen alle unter sich parallel laufen. Die Linien dieser Spitzen verlängert man über den ganzen Raum der Karte, und erhält dadurch die Bequemlichkeit, daß man überall gleich sehen kann, mit welcher von denselben die Linie zwischen jeden zwey Orten parallel läuft, d. i., nach welcher Weltgegend man den Lauf des Schiffs richten muß, um von einem Orte zum andern zu kommen. M. s. Loxodromie, Rhumb.

Winkel, optischer s. Sehewinkel.
Winkelbarometer s. Barometer.
Winkelgeschwindigkeit s. Geschwindigkeit.

Winkelhebel, gebrochener Hebel (vectis angularis, levier brisé) heißt der ebene Winkel (fig. 44.) abc, dessen Seitenlinien ab und bc unbiegsam ohne Schwere, in der Spitze b aber also befestigt sind, daß, wenn der eine Schenkel um b gedrehet wird, der andere zugleich mit in Bewegung kommt. Die beyden Schenkel ab und bc, an deren Enden zwey Kräfte, die denselben auf entgegengesetzte Art zu drehen streben, so angebracht werden können, daß sie einander das Gleichgewicht halten, heißen die Arme des Hebels.

An einem solchen Hebel erhalten zwey gleiche Kräfte p und q, welche denselben auf entgegengesetzte Art zu drehen streben, einander das Gleichgewicht, wenn sie auf den Armen desselben senkrecht, und in gleichen Entfernungen vom Ruhepunkte b angebracht sind.

Wenn dagegen die Entfernungen von dem Ruhepunkte (fig. 45.) b ungleich groß sind, indem beyde Kräfte p und q senkrecht auf die Arme nach entgegengesetzten Richtungen

 wirken,

wirken, so kann man nun bc nach d verlängern, bd = ab machen, und in d zwey Gewichte s = r = q nach gerade entgegengesetzten Richtungen auf db senkrecht wirken lassen, in welchem Falle alsdann r und p einander im Gleichgewichte erhalten, wenn p : r = db : bc ist. M. s. Hebel. Da nun aber r = s = q ist, so ist auch s mit q im Gleichgewicht, und der ganze Hebel ruhet. Nun sind r und s für sich im Gleichgewichte, also muß auch q mit p im Gleichgewichte seyn, wenn p : q = ab : bc ist, d. h., **zwey Kräfte p und q an den Hebelsarmen eines Winkelhebels senkrecht angebracht, halten einander das Gleichgewicht, wenn sie sich verkehrt, wie die Hebelsarme verhalten.**

Gesetzt aber, die Richtungen der Kräfte (fig. 46.) p und q wirken auf die Arme des Winkelhebels abc unter schiefen Richtungen, so ziehe man auf die Richtungslinien ad und ce der Kräfte q und p die senkrechten Linien db und be, und lasse nach den Richtungen dq und ep die Kräfte s = q und r = p ziehen, so sind s und q, so wie r und p im Gleichgewichte. Soll nun s mit r im Gleichgewichte seyn, so wird erfordert, daß s : r = be : db, also auch q : p = be : db sey, d. h., **q ist mit p im Gleichgewichte, wenn sich q und p verhalten umgekehrt wie die Entfernungen der Richtungslinien beyder Kräfte vom Ruhepunkte des Hebels.**

Da die Punkte (fig. 47.) a und b einerley leiden, in welchem Punkte der Linien dm und em auch die Kräfte q und p angebracht seyn mögen, so stelle man sich vor, sie wären in m angebracht, wo beyde verlängerten Richtungen einander schneiden. Wenn sich nun die ganze Ebene amc nicht anders als um den Punkt b drehen kann, so muß dieser Punkt durch diese vereinigte Wirkung beyder Kräfte in m nach mb getrieben werden. Dieses mb bleibt daher auch die Richtung, nach welcher der Punkt b gedrückt wird, wenn auch gleich die Kräfte in a und c, oder andern Punkten der Linien ma, mc angebracht sind; d. h., mb ist die mittlere

mittlere Richtung, nach welcher die Kräfte p und q den Punkt b drücken.

Zieht man bt mit em und bv mit dm parallel, so ist der Winkel dtb = dme = bve; daher sind wegen der rechten Winkel bey d und e die Dreyecke bdt und bve einander ähnlich; mithin verhalten sich die Linien bt und bv, oder die gleichen vm und tm, wie bd : be, d. i., wie die im Gleichgewichte stehenden Kräfte q und p. Wenn man daher auf den Richtungen der Kräfte von dem Punkte m an, wo sie einander schneiden, zwey Linien mt und mv nimmt, die sich wie die Kräfte q und p verhalten, und das Parallelogramm mtbv unter diesen Linien ergänzt, so ist dessen Diagonale die mittlere Richtung.

Alle diese Sätze stehen mit der Lehre von der Zusammensetzung der Kräfte in der genauesten Verbindung; man hat nur noch nöthig zu erweisen, daß die Kraft, mit welcher b gedrückt wird, der Linie mb proportional ist, um diese ganze Lehre aus der Theorie des Winkelhebels hergeleitet zu haben. Alsdann hat man auch Stevin's Satz vom Gleichgewichte dreyer Kräfte. M. s. Gleichgewicht. Indem die Kräfte p und q und der Gegendruck der Unterlage b, wenn sie im Gleichgewichte sind, sich wie die drey Seiten des Dreyecks tmb oder vmb verhalten, deren ihre drey Richtungen parallel sind.

Setzt man daher die Lehre von der Zusammensetzung und Zerlegung der Kräfte als erwiesen voraus, so läßt sich umgekehrt daraus die Lehre vom Hebel herleiten und erweisen. So verfährt Newton *). Um zu beweisen, daß zwey Gewichte am ungleicharmigen Hebel (fig. 48.) lok sich das Gleichgewicht halten, nimmt er od = ol. Nun ist es klar, daß das Gewicht a auf die Umdrehung der Ebene dko um o gleich stark wirkt, es mag bey k oder bey d angebracht seyn. Ferner stelle die Linie da die Kraft a vor, so läßt sie sich in dc und ca zerlegen, wovon jenes auf do senkrecht, und dieses mit do parallel ist. Der Theil dc wirkt aber nur

*) Princip. Lib. I. axiom. s. leges motus. Coroll. 2.

nur allein auf d o, und der andere c a wird durch die Festigkeit des Punktes o aufgehoben, und da d o = o l, so folgt, daß die wirkende Kraft nach der Richtung d c dem Gewichte p gleich seyn muß, wenn beyde im Gleichgewichte seyn sollen. Daher erhellet, daß Alles in Ruhe sey, wenn sich a : p = d a : d c verhält. Nun ist wegen Aehnlichkeit der Dreyecke d c a und k d o, d a : d c = o d : o k, und o d = o l, mithin fürs Gleichgewicht am geradlinigen Hebel a : p = o l : o k.

Diesen Beweis sahe man damahliger Zeit als einen der schärfsten an; es läßt sich aber dagegen nicht ohne Grund einwenden, daß man, um das Gesetz des geradlinigen Hebels zu erweisen, erst denselben in einen Winkelhebel l o d, d. h., das Einfachere in etwas Zusammengesetzteres verwandeln muß, welches wider die Regel einer guten Methode streitet, und daß über dieß die Lehre von der Zusammensetzung und Zerlegung der Kräfte, wenn man sie gehörig erweisen will, aus der Lehre vom Hebel abgeleitet werden muß.

Auch Varignon *) leitete die Theorie des Hebels aus der Zusammensetzung der Kräfte her. Er betrachtete nähmlich (fig. 47.) die Kräfte p und q, oder m t und m v zusammen, als eine einzige Kraft m b, welche durch den Ruhepunkt b gehet. Werden aber hierbey, wie in den gewöhnlichsten und einfachsten Fällen die Richtungen a d und c e unter sich parallel, so gibt es nun keinen Durchschnittspunkt m, außer im Unendlichen, und auf solche Art entstehen wiederum die größten Schwierigkeiten gerade bey dem einfachsten Falle. D'Alembert beweiset das Gesetz des Winkelhebels aus dem Gleichgewichte zweyer gleichen und gerade entgegengesetzten Kräfte her; aber auch hier verschwinden die Kräfte bey der Anwendung auf den geradlinigen Hebel, und die Folge aus dem allgemeinen Satze läßt sich nur auf eine sehr gezwungene Weise herleiten. Weit glücklicher war Kästner, der zuerst das Gesetz des geradlinigen Hebels erwies, aus welchen als eine natürliche Folge das Gesetz des gebrochenen Hebels fließt.

Winter

*) Nouvelle mécanique ou statique. Paris 1725. 12.

Winter (hiems, hiver) ist eine von den vier Jahrszeiten, welche zwischen Herbst und Frühling fällt, von dem kürzesten Tage an ihren Anfang nimmt, und sich mit dem Tage der Frühlingsnachtgleiche endigt. In unsern Ländern fällt der Anfang des Winters auf den Tag, da die Sonne in den Steinbock tritt, und endigt sich, wenn sie in den Widder kommt, d. h., er fängt um den 21. Dec. an, und hört um den 21. März auf. M. s. Ecliptik.

In der gemäßigten Zone der südlichen Halbkugel ist der Tag am kürzesten, wenn die Sonne in den Krebs tritt. Daher fängt sich daselbst der Winter mit dem kürzesten Tage am 21. Juni an, und endigt sich mit der Nachtgleiche um den 23. September.

Für die Orte der heißen Zone gibt es jährlich einen Tag, an welchem die Sonne im Mittage den größt möglichen Abstand vom Scheitelpunkte erreicht. Dieß ist für Oerter, welche vom Aequator nordwärts liegen, der 21. Decemb., für die südwärts liegenden der 21. Juni. Man könnte daher sagen, daß diese Orte ihren Winter zugleich mit den angränzenden gemäßigten Zonen anfangen. Allein die Eintheilungen der Jahrszeiten lassen sich nicht wohl auf die heiße Zone anwenden. M. s. Jahrszeiten.

Im gemeinen Leben wird selbst in unsern Ländern, wo überhaupt die Jahrszeiten nicht so genau auf den Stand der Sonne bezogen werden, unter dem Winter die Zeit verstanden, in welcher die Tage am kürzesten sind, und das Wachsthum der Pflanzen aufhört.

Winterpunkt (punctum solstitii hiberni, solstice d'hiver) heißt derjenige Punkt in der Ecliptik, in welchem die Sonne in ihrem scheinbaren Laufe den größten südlichen Abstand vom Aequator hat, und welchen sie um den 21. Dec. oder zu Anfange unsers Winters erreicht. In diesem Punkte steht also die Sonne vom Nordpole am weitesten ab, hat alsdann für die Orte der nördlichen gemäßigten Zone die geringste Mittagshöhe, und gibt den Bewohnern derselben den kürzesten Tag und die längste Nacht. Dieser Punkt wird

vom

vom Anfange des Zeichens des Steinbocks gerechnet, obgleich dieß Sternbild diesen Ort verlassen hat, und der Winterpunkt vielmehr jetzt in das Bild des Schützen fällt. Dieser Punkt ist vom Frühlingspunkte oder vom Anfange der Ecliptik und des Aequators um 90° westlich und 270° östlich entfernt; es beträgt daher seine Länge und gerade Aufsteigung 270°, oder 9 Zeichen; seine Abweichung aber ist südlich, und der Schiefe der Ecliptik gleich. Durch diesen Punkt geht der Wendekreis des Steinbocks mit dem Aequator parallel. M. s. Wendekreise.

Wintersonnenwende s. Sonnenwenden.

Wirbel, cartesianische, Wirbel des Descartes, System der Wirbel (vortices Carteſiani, ſyſtema vorticum, tourbillons de Descartes, ſyſtème des tourbillons). **Cartesius** versteht unter dem Ausdrucke **Wirbel** eine große Menge derjenigen feinen Materie, die sein zweytes Element ausmacht, und welche sich um einen gemeinschaftlichen Mittelpunkt bewegt, so daß sich das Ganze als eine große Anzahl von Kugelschichten oder Kugelschalen betrachten läßt, welche sich um eine gemeinschaftliche Achse, oder wenigstens um einen gemeinschaftlichen Mittelpunkt drehen. Wenn alle diese Schichten ihre Umläufe in gleichen Zeiten vollenden, so erhellet, daß die äußern sich geschwinder bewegen müssen, als die innern, in eben dem Verhältnisse, als ihr Abstand vom Mittelpunkte oder von der Achse größer ist.

Cartesius, welcher nach der Vorstellung der Alten die Einschließung der Gestirne in beweglichen Sphären nicht mehr annehmen konnte, und gleichwohl die Ursache und Entstehungsart der himmlischen Bewegungen begreiflich machen wollte, fiel auf den Gedanken, so wohl die Sonne, als auch die Planeten, welche von Monden begleitet werden, mit solchen Wirbeln zu umringen, deren Materie die Planeten nebst ihren Monden mit sich fortreiße, so wie ungefähr die Luft leichte Körper fortführt. Die verschiedenen Theile des großen Wirbels um die Sonne bewegen sich mit verschiedenen Geschwindigkeiten, reißen die Planeten nach einerley Richtung

hin,

hin, und bringen sie auf solche Art, und zwar die nähern in kurzer Zeit, die entferntern aber in längerer Zeit, um die Sonne. Ein jeder Planet schwimmt in derjenigen Schicht des Wirbels, welche mit ihm eine gleiche Dichtigkeit besitzt. Die Erde, Jupiter und Saturn stehen in den Mittelpunkten kleinerer Wirbel, welche im größern schwimmen, und die Monden dieser Körper um sie selbst nach eben den Gesetzen herumführen.

Eine solche Hypothese, welche besonders den Umstand, welchen man sonst auf keine Weise hatte begreiflich machen können, daß alle Planeten und Monden nach einerley Richtung umlaufen, auf eine so natürliche Weise zu erklären scheint, mußte nothwendig große Aufmerksamkeit nach sich ziehen. Daher ist es nicht zu verwundern, daß sie mit so allgemeinem Beyfall aufgenommen wurde, und eine geraume Zeit so viele Vertheidiger fand. Man hätte sich von der Unzulänglichkeit dieser Theorie indeß sehr bald überzeugen können, wenn man sie mit den bekannten keplerischen Regeln verglichen hätte; denn nothwendig mußte sie diesen nicht nur nicht widersprechen, sondern vielmehr als nothwendige Folgen bestätigen; allein man war schon zufrieden, im Allgemeinen Gründe zu besitzen, aus welchen sich die Bewegung der Himmelskörper so begreiflich ableiten ließ.

Weil die Bewegungen der Planeten elliptisch sind, so mußten auch die Schichten der Wirbel elliptische Gestalten besitzen, deren Ursprung **Cartesius** von der Zusammendrückung durch die angränzenden Wirbel ableitet. Wenn aber dieß wirklich Statt hätte, so müßten alle Planetenbahnen nach einerley Gegend zu länglich seyn; die dem Mittelpunkte nähere Materie würde von dieser Zusammendrückung am wenigsten leiden, und also müßte die Bahn des Merkurs am wenigsten eccentrisch seyn; endlich müßte die Sonne nicht im Brennpunkte, sondern im Mittel stehen. Von diesem Allen aber findet gerade das Gegentheil Statt.

Auch sucht **Cartesius** die Umdrehungen der Wirbel mit den Umdrehungen der im Mittel derselben befindlichen Kör-

per

per zu vereinigen, ohne jedoch anzugeben, welche von beyden Bewegungen er für die Ursache der andern halte. Fände aber wirklich eine solche gegenseitige Verbindung in Ansehung ihrer Umdrehungsbewegungen Statt, so müßten alle Umdrehungen und Umläufe im Sonnensystem parallel mit der Ebene des Aequators erfolgen, und es müßte der Mond parallel mit dem Erdäquator umlaufen. Es ist aber ausgemacht, daß die Ebenen der Umläufe und Umdrehungen im Sonnensystem ohne alle gegenseitige Beziehung auf einander gefunden werden. Ferner müßte die nächste Schicht am Centralkörper eine gleiche Geschwindigkeit mit der Umdrehung desselben haben, z. B. die nächste Schicht an der Sonne müßte in 27½ Tagen umlaufen, welche Bestimmung sich in Vergleichung mit den Geschwindigkeiten und Entfernungen der Planeten weder auf die keplerischen Regeln, noch auf irgend ein anderes übereinstimmendes Gesetz bringen läßt, nach welchem sich die Geschwindigkeiten der verschiedenen Wirbelschichten richten sollten.

Aus Kepler's Regel, daß sich die Flächenräume, welche der Radiusvektor beschreibt, wie die Zeiten verhalten, folgt im System der Wirbel, daß sich die Geschwindigkeiten der Schichten verkehrt wie ihre Abstände vom Mittelpunkte verhalten. Aus der andern keplerischen Regel aber, nach welcher sich die Quadratzahlen wie die Würfel der Entfernungen verhalten, folgt im System der Wirbel, daß sich diese Geschwindigkeiten wie die Quadratwurzeln aus den Entfernungen vom Mittel verhalten. Beyde Folgen widersprechen einander, und können nicht zugleich wahr seyn; da nun aber die keplerschen Regeln ihre völlige Richtigkeit haben, so muß dasjenige System, worin sie diese widersprechenden Folgen gestatten, irrig seyn.

Newton zeigte am Ende des zweyten Buchs seiner Principien, daß man die wahren Himmelskörper weder durch sphärische noch durch cylindrische Wirbel erklären könne; denn er beweiset, daß im cylindrischen Wirbel die Umlaufszeiten den Entfernungen von der Achse, im sphärischen Wirbel aber dem

dem Quadrate der Entfernungen vom Mittelpunkte proportional seyn müßten.

Johann Bernoulli [a]), ein eifriger Vertheidiger der cartesianischen Wirbel, zeigte aber, daß Newton bey seiner Berechnung einen beträchtlichen Fehler begangen hatte, und suchte vermittelst einiger wichtigen Abänderungen der cartesianischen Theorie dennoch die Wirbel aufrecht zu erhalten, und mit den keplerschen Regeln, ja sogar mit dem newtonschen Gesetze der Gravitation, in Uebereinstimmung zu bringen. Er meint hierbey zu finden, daß ein sphärischer Wirbel allen diesen Gesetzen genug thue, wenn man nur annehme, daß sich die Dichtigkeiten seiner Schichten verkehrt, wie die Quadratwurzeln aus ihren Entfernungen vom Mittelpunkte verhalten. Uebrigens erklärt er die Eccentricitäten der Planetenbahnen durch eine mit dem Wirbel verbundene Schwungbewegung, und die Neigung der Bahnen gegen den Sonnenäquator durch den Stoß des Wirbels auf die länglich sphäroidische Gestalt der Planeten.

Dagegen hat d'Alembert [β]) bewiesen, daß dieser große Mathematiker bey den Integralrechnungen eine beständige Größe außer Acht gelassen habe, deren gehörige Einführung das ganze Resultat ändert. Nach d'Alembert's Rechnung kann gar kein sphärischer Wirbel Statt finden, wofern nicht alle Schichten ihre Umläufe in einerley Zeit vollenden, und über dieß der Wirbel entweder unendlich, oder mit undurchdringlichen Schranken, wie mit den Wänden eines Gefäßes, begränzt ist. Hieraus scheint zu folgen, daß sphärische Wirbel im Weltraume gar nicht möglich sind. Auch hat Bouguer [γ]) die Unmöglichkeit sphärischer Wirbel noch auf eine andere Art dargethan.

Leibnitz

a) Nouvelles pensées sur le systême de M. Descartes, couronnées par l'Acad. des scienc. 1730. oeuvres Tom. III. nro. 138. nouvelle physique coeleste. ib. n. 146.

β) Traité des fluides. Paris 1744. 4. p. 385 sqq.

γ) Entretiens sur l'inclinaison des orbites des planètes. Paris 1734. 4.

Leibnitz *) selbst vertheidigte das System der Wirbel, und bemühete sich daraus die Erscheinungen am Himmel zu erklären. Er nahm die Geschwindigkeiten der Schichten des Wirbels im verkehrten Verhältnisse ihrer Entfernung vom Mittelpunkte an, und brachte die Kreisbewegung des Planeten in denselben zugleich mit einer Schwungkraft und Centralkraft gegen die Sonne in Verbindung. Auf diese Art gelang es ihm wirklich, zu zeigen, daß die Planeten in gleichen Zeiten gleiche Flächen beschreiben, und eine Ellipse um die Sonne, als Brennpunkt, durchlaufen müssen, wenn sich die Centralkraft verkehrt wie das Quadrat der Entfernung verhalte. Allein nach dieser Theorie wird ein Wirbel vorausgesetzt, der nie würde bestehen können, weil die Schwungkraft seiner Theile desto größer wird, je näher sie dem Mittelpunkte liegen. Ueber dieß thut sie der dritten keplerschen Regel kein Genüge, wofern man nicht den ganzen Wirbel in verschiedene einzelne Theile theilt, deren mittlere Geschwindigkeit im verkehrten Verhältnisse der Quadratwurzeln aus den Entfernungen ist, indeß sich in jedem Theile besonders betrachtet die Geschwindigkeit verkehrt, wie die Entfernung selbst verhält. Wie kann dieß aber mit einander bestehen? Es ist schon Schwungkraft allein, in Verbindung mit Leibnitzens Centralkraft, welche doch in der That nichts weiter ist, als die newtonsche Gravitation, vollkommen hinreichend, alle Erscheinungen der Bewegungen in elliptischen Bahnen zu erklären.

Ueberhaupt haben alle neuere Vertheidiger der Wirbel Schwierigkeiten gefunden, um sie mit den Erscheinungen am Himmel in richtige Uebereinstimmung zu bringen, und es ist gar keinen Zweifel unterworfen, daß sie schlechterdings gar nicht bestehen können.

M. s. *Montucla* histoire des mathematiques. T. II. P. IV. L. 4. §. 8. *de Maupertuis* discours sur les différentes

*) Tentamen de motuum coelestium causis in actis eruditor. Lips. 1689. p. 82 sqq. 1706. p. 446 sqq.

férentes figures des astres, §. III. in oeuvres à Lyon 1768. Tom. I. p. 104 sqq.

Wirbel im Wasser s. **Strudel.**

Wirbelwind s. **Wind.**

Wirkung (actio, action). Mit diesem Ausdrucke bezeichnet man diejenige Veränderung, welche irgend eine physische Ursache hervorbringt, oder hervorzubringen strebt. Die Größe der Wirkung muß alle Mahl der Größe der angewandten Kraft proportional seyn. Es kommt daher darauf an, was man unter der Größe der Kraft zu verstehen habe. Daß aber hierüber ist gestritten worden, ist bereits unter dem Artikel **Kraft** angeführt worden.

Der Herr **von Maupertuis** a) verbindet mit dem Ausdrucke **Größe der Wirkung** einen ihm eigenen Begriff, indem er darunter bey Bewegungen, welche durch Kräfte hervorgebracht werden, das Produkt der Masse des bewegten Körpers in seine Geschwindigkeit und in den Raum, den er durchläuft, versteht. Er stellt sich nähmlich vor, wenn ein Körper von einem Orte zum andern sich bewege, so sey die Wirkung desto größer, je größer die Masse des Körpers, je schneller die Bewegung, und je länger der Raum sey, durch den der Körper gehe. In diesem Sinne ist nach der Entdeckung des Herrn **von Maupertuis**, bey den Gesetzen des Gleichgewichtes, des Stoßes, ingleichen der Zurückwerfung und Brechung u. s. die Größe der Wirkung alle Mahl ein **Kleinstes**. Er sahe es daher als ein allgemeines Naturgesetz an, **daß bey allen in der Natur erfolgenden Veränderungen die dazu erforderte Größe der Wirkung die kleinst-mögliche sey.** Diesen Satz sucht er unter dem Nahmen des Gesetzes oder **Satzes der kleinsten Wirkung** (lex s. principium minimae actionis, principe de la moindre action) allgemein zu bestätigen. Er macht sogar einen Versuch, diesen Satz in der Cosmologie

 als

a) Mémoir. de l'Acad. des scienc. de Paris 1744. ingl. mémoir. de Prusse 1746. u. im essai de Cosmologie; in oeuvres de *Maupertuis* à Lyon 1768. 8. Tom. I.

als eine unmittelbare Folge aus den Eigenschaften des göttlichen Wesens vorauszusetzen, und nun als eine fruchtbare Regel der ganzen Mechanik und Optik zu betrachten, welche selbst der Erhaltung der lebendigen Kräfte vorzuziehen sey, und aus welcher sich die Gesetze des Stoßes, des Gleichgewichtes, der Zurückwerfung, der Brechung u. s. als nothwendige Folgen herleiten ließen. M. s. **Stoß, Brechung, Zurückwerfung.** **Maupertuis** selbst macht noch mehrere Anwendungen von diesem Satze, und **Euler** [α]) zeigt, daß man daraus die Krümmung elastischer Bleche bestimmen könne, und daß bey den Centralbewegungen das Produkt der Geschwindigkeit in das Element der Bahn gleichfalls ein Kleinstes sey, welches eine der schönsten Anwendungen dieses Gesetzes auf die Bewegung der Planeten und der geworfenen Körper, welcher nichts widersteht, ausmacht. Den Satz selbst hat man auch sonst das **Gesetz der Sparsamkeit** (lex parsimoniae, loi de l'épargne) genannt, weil vermöge desselben die Natur so viel als möglich durch so wenig als möglich ausgerichtet hat.

Gegen das Gesetz der kleinsten Wirkung machte Samuel **König** [β]) Erinnerungen, suchte vielmehr die statischen und mechanischen Sätze aus der Betrachtung der lebendigen Kräfte herzuleiten, und erinnerte am Ende, schon **Leibnitz** sey im Besitz einer weit ausgebreiteten Theorie der Wirkung gewesen, indem sich in einem seiner Briefe an **Hermann** in Basel folgende Stelle befinde: *l'action* n'est point ce que Vous pensez, la consideration *du temps* y entre; elle est comme la produit de la masse par le temps, ou du temps par la force vive. J'ai remarqué, que dans les modifications des mouvemens elle devient ordinairement un *Maximum* ou un *Minimum*. On ne peut deduire plusieurs propositions de grande consequence etc. In der That stimmt der Begriff von Wirkung,

α) Method. inueniendi curvas maximi minimiue proprietate gaudentes. Geneuae 1744. 4. addit. II.

β) De vniuersali principio aequilibrii et motus etc. in act. erud. Lips. 1751. p. 125 sqq. 162 sqq.

kung, welchen diese Stelle andeutet, mit Maupertuis Bestimmung überein; denn das Produkt aus der lebendigen Kraft MC^2 in die Zeit T oder MC^2T ist dem Produkte aus Masse, Raum und Geschwindigkeit, oder MSC gleich, weil $CT = S$, so lange die Bewegung gleichförmig ist, und so scheint also der Satz, daß die Größe der Wirkung gemeiniglich ein Größtes oder Kleinstes werde, schon ein Gedanke Leibnitzens gewesen zu seyn.

Von Maupertuis nahm die Anführung dieser Stelle so auf, als beschuldige ihn König, er habe die Erfindung von Leibnitzen entlehnet, und sie für die seinige ausgegeben; er forderte daher König auf, den Brief im Original darzulegen, und da dieses nicht sogleich geschehen konnte, so mischte er die königliche preußische Akademie in diese Sache, von welcher Maupertuis Präsident, und König ein Mitglied war. Diese fällte über König ein Urtheil [α]), wogegen sich aber dieser vertheidigte [β]). So ward der Streit von der Hauptsache abgelenkt, und auf das Benehmen der Personen und auf die Authenticität eines leibnitzischen Briefes gerichtet, so daß nun auch diejenigen Gegner von Maupertuis Theil daran nahmen, welche sich sonst um eine mathematische Frage nicht bekümmert hätten. Insbesondere benutzte Voltaire diese Gelegenheit, eine Anzahl lustiger Schriften gegen Maupertuis zu verfertigen, welche diesen aufs äußerste brachten, bis endlich die Sache mit der Ungnade des Königs gegen Voltaire und dessen Entfernung von Berlin sich endigte.

Die lehrreichste Vertheidigung des Satzes der kleinsten Wirkung ist von Euler [γ]). Gegen Maupertuis haben auch einige Holländer geschrieben, besonders Martin Martens [δ]) und Anton Brugmans [ε]). Man war vornehm-

α) Jugement de l'Acad. roy. des scienc. et belles lettr. sur une lettre prétendue de M. de Leibniz. Berlin 1752.

β) Appel au public du jugement de l'Acad. roy. Leide 1752. 8.

γ) Diss. de principio minimae actionis. 1753. 4. Franz. in den mém. de Prusse 1751.

δ) Aanmerkingen over de Wet van Spaarsamheit. Amsterd. 1752. 4.

ε) Proeve over de waare grondwetten der Beweging en Rust. Leid. 1753.

lich bemüht zu zeigen, daß die Kleinsten, welche bey den Gesetzen der Bewegung vorkommen, nicht erst Gesetze, sondern blos Folgen aus den Eigenschaften der Körper sind, daß man folglich das Gesetz der Sparsamkeit in keinem Falle anwenden dürfe, wenn man nicht schon aus andern Gründen vorher wisse, daß dabey die Wirkung wirklich ein Kleinstes seyn müsse. Dieß hat auch wohl seine Richtigkeit, indem man in der Physik nicht Gesetze der Natur aus Zwecken beweisen kann; denn diese müssen nothwendig aus den Erfahrungen abgeleitet werden, und alsdann ist es erst erlaubt, daraus auf Endzwecke Muthmaßungen zu machen. M. s. **Teleologie.**

M. s. Kästner Anfangsgründe der höhern Mechanik, Abschn. III. §. 209 f.

Wirkungskreis, Sphäre der Wirksamkeit (sphaera activitatis, sphère d'activité). Unter diesem Ausdrucke versteht man einen Raum, in dessen Gränzen eine Kraft oder eine wirkende Ursache, welche sich an einer gewissen Stelle befindet, merkliche Wirkungen hervorbringt. Wenn sich die Wirkungen von der wirkenden Ursache aus nach allen möglichen Richtungen zeigen, so werden sie gemeiniglich nach gewissen Gesetzen immer schwächer, je größer die Entfernung von der wirkenden Ursache wird. So stellt man sich die Stelle, aus welcher die Ursache wirkt, als einen Mittelpunkt vor, um welchen sich ihre Wirksamkeit verbreitet, und wenn die Wirkungen nach allen Seiten in gleichen Entfernungen gleich stark sind, und folglich an den Stellen, wo sie ganz unmerklich werden, gleich weit von der Mitte aus nicht mehr wahrgenommen werden, so stellt man sich den Raum der Wirksamkeit der wirkenden Ursache als eine Sphäre vor.

So verbreitet sich ringsum jede Masse die Anziehung nach dem Gesetze, daß sie im verkehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernung abnimmt. Nach demselben Gesetze nehmen auch, wie man jetzt weiß, die Wirkungen des elektrischen und magnetischen Anziehens und Zurückstoßens ab u. s. w. Uebrigens ist es leicht zu begreifen, daß es für unsere Sinneswerk-

meswerkzeuge, die Gränze der Wirkungen genau zu bestimmen, nicht wohl möglich ist. Denn die Kräfteäußerung erstreckt sich von dem Orte der wirkenden Ursache aus bis ins Unendliche, und kann nur durch entgegengesetzte Kraft beschränkt werden.

Wirkungskreise, elektrische, elektrische Atmosphären, elektrische Einflüsse (de Lüc) (atmosphaerae electricae, sphaerae electricae actiuitatis, atmosphères électriques, influences électriques). Unter diesem Nahmen begreift man den Raum um den elektrisirten Körper herum, in welchem sich das elektrische Anziehen und Abstoßen äußert.

Die ersten Elektriker, welchen außer dem Anziehen und Abstoßen wenige elektrische Erscheinungen bekannt waren, suchten die Ursachen dieser Erscheinungen in öhlichten Ausflüssen, welche den elektrischen Körper wie eine Dunstkugel umgeben sollten. Dieß gab zuerst die Veranlassung zu den elektrischen Atmosphären. Nachher entsagte man zwar dieser groben Vorstellung, behielt aber doch den Begriff bey, daß die elektrische Materie eines Körpers eine Atmosphäre um ihn bilden, oder doch wenigstens der umgebenden Luft bis auf einige Entfernung mitgetheilt werde, so daß sich diese Luft als elektrische Atmosphäre um den Körper betrachten lasse. Die ältern Elektriker kannten freylich bloß Mittheilung, und nicht Vertheilung der Elektricität, und in Rücksicht der Mittheilung könnte dieser Begriff von Wirkungskreisen allerdings hinreichend seyn; allein die Vertheilung der Elektricität setzt ganz andere Begriffe voraus. Erst durch diese ist der richtigere Begriff der elektrischen Wirkungskreise festgesetzt worden, indem man darunter denjenigen Raum versteht, durch welchen sich merkliche Wirkungen der Elektricität durch Vertheilung äußern; oder vielmehr, es entstehen elektrische Atmosphären durch Vertheilung der natürlichen elektrischen Materie der Luft.

Unstreitig waren Wilke und Aepinus die ersten, welche von diesem Gegenstande richtigere Vorstellungen einführten.

ten. Schon in ihren ältern Schriften findet sich seit dem Jahre 1757. Alles, woraus späterhin die Lehre von der Vertheilung der Elektricität, nebst den Erfindungen des Elektrophors, Condensators u. s. entwickelt worden ist, und welches erst die Geheimnisse der Elektricität enthüllt hat. Wilke entdeckte zuerst das wahre Gesetz der elektrischen Wirkungskreise oder Atmosphären, daß jeder elektrisirte Körper in andern, welche in seinen Wirkungskreis kommen, eine der seinigen entgegengesetzte Elektricität zu erwecken strebt, welches mit dem Gesetze des Abstoßens und Anziehens völlig einerley ist. M. s. **Elektricität.**

Lange schon waren Versuche bekannt, welche auf dieses Gesetz hätten leiten können. So bemerkte **Otto von Guericke**, daß Fäden, welche in einer geringen Entfernung von seiner geriebenen Schwefelkugel hingen, oft von seinem nahe daran gebrachten Finger zurückgestoßen wurden. Noch mehr aber wiesen auf dieß Gesetz diejenigen zahlreichen Versuche hin, welche **Canton** und **Franklin** in den Jahren 1753 bis 1755. über die elektrischen Atmosphären anstellten; sie waren aber damahls wirkliche Räthsel, da man sich unter den Atmosphären immer noch eine Anhäufung gleichartiger Elektricität um den elektrisirten Körper gedachte.

Aepinus *) läugnete zuerst das Daseyn eigentlicher aus elektrischer Materie bestehender Dunstkreise, substituirte dafür die richtigere Benennung der Wirkungskreise, und ließ den Nahmen der Atmosphären nur unter der Bedingung zu, wenn man darunter die Luft verstehen wolle, welche sich um den elektrisirten Körper befindet, und auf welche seine Elektricität wirkt. Nach dieser Idee hat also die Elektricität ihren Sitz bloß in den Körper und auf dessen Fläche; und nur die Wirkungen des Anziehens und Zurückstoßens sind es, welche sich bis auf eine gewisse Entfernung merklich äußern, und dadurch die Gränzen des Wirkungskreises bestimmen.

Ein

*) Tentamen theoriae electricitatis et magnetismi. Petropol. 1759. 8. p. 257.

Ein mit + E oder — E versehener Körper zieht nicht nur denjenigen an, der die der seinigen entgegengesetzte Elektricität hat, sondern auch jeden andern nicht elektrisirten, oder dessen Elektricität o ist. Diese Wirkung der elektrisirten Körper auf andere o E oder die entgegengesetzte Elektricität enthaltende, geschieht nach der Stärke ihrer Elektricität in einer größern oder geringern Entfernung. Die Weite, bis auf welche sich diese Wirkungen äußern, bestimmt die Größe des Wirkungskreises. Hierbey ist noch kein Uebergang, sondern bloße Vertheilung der Elektricität. Wenn endlich beyde Körper zu nahe an einander gebracht werden, so erfolgt wirklich Uebergang. Eine solche Mittheilung stellt das Gleichgewicht her, und es ist hieraus begreiflich, wie durch Ueberströmung, Funken, Schläge u. s. die Wirkungen der Vertheilung aufhören, und die Wirkungskreise verschwinden müssen.

Stumpfe oder kugelförmig abgerundete Körper theilen ihre Elektricität durch Funken in gehöriger Schlagweite, spitze durch stilles Ausströmen in einer weit größern Entfernung mit; platte und ebene Flächen aber sind zur Mittheilung ihrer Elektricität im höchsten Grade ungeschickt. M. s. Spitzen, elektrisirte. Daraus folgt, daß sich bey Spitzen fast gar keine Wirkungen der Atmosphären zeigen können, hingegen bey stumpfgeendeten Körpern diese Wirkungen merklicher sind, und sich auf eine gewisse Entfernung über die Schlagweite hinaus erstrecken, und daß endlich bey platten Flächen die Erscheinungen der Wirkungskreise äußerst stark und lang anhaltend sind, ja selbst bey der Berührung noch Statt haben, woraus sich die Phänomene geriebener Glastafeln und anderer elektrischer Platten, der Ladung des Elektrophors, des Condensators u. s. erklären.

Der elektrisirte Körper, welcher in seinem Wirkungskreise auf andere Körper Wirkungen hervorbringt, verliert von seiner Elektricität nichts; auch dauern die Wirkungen so lange fort, als er elektrisch bleibt; hieraus erhellen die anhaltenden Wirkungen, welche bloß von der Vertheilung der Wirkungskreise abhängen.

Hierbey ist aber der Umstand zu bemerken, welchen zuerst **Volta** aus dem richtigen Gesichtspunkte betrachtete. Es scheint nähmlich jedes + E oder — E, welches innerhalb seines Wirkungskreises eine Vertheilung bewirkt, während dieser Zeit in eben dem Maße schwächer oder unwirksamer zu werden, in welchem die von ihm bewirkte Vertheilung stärker wird. So bald aber diese Vertheilung aufhört, so scheint auch in dem Augenblicke das ganze + E oder — E in seiner vorigen Stärke zurück zu kehren. Dahin gehören alle diejenigen Erscheinungen, welche **Beccaria** unter dem Nahmen electricitas vindex begriff, weil er meinte, der elektrisirte Körper gebe sein ± E dem andern Körper ab, und ergreife dasselbe bey der Trennung wieder. Dagegen stellte sich **Volta** weit natürlicher vor, daß diese scheinbare Schwächung nichts weiter als eine natürliche Folge der Verwendung des ± E auf die hervorgebrachte Vertheilung sey. Herr **Lichtenberg** drückte dieß so aus, es werde das ± E gebunden, und nach aufgehobener Wirkung der Vertheilung werde es wieder frey.

Nach den bekannten Gesetzen der Elektricität stoßen sich gleichartige E ab, mithin besitzt jeder Körper eine desto größere Neigung, mehr ± E aufzunehmen, je weniger er davon hat, oder je weniger dasjenige, so er hat, wirksam ist. Wenn daher das ± E in einem Körper geschwächt wird, so erhält dadurch der Körper eine größere Neigung, mehr ± E aufzunehmen. Es nehmen daher bey jeder Vertheilung oder gegenseitigen Bindung die Capacitäten zu, indem die Intensitäten des ± E abnehmen, und man kann ein Paar Flächen fähig machen, weit mehr ± E, als sonst, anzunehmen, wenn man jede in den Wirkungskreis der entgegengesetzten andern bringt. Deutliche Beyspiele hiervon sind geladene Flaschen und Platten. Eine jede belegte Seite befindet sich in dem Wirkungskreise der andern; dadurch werden die Elektricitäten beyder belegten Flächen fast gänzlich gebunden, so daß eine allein weder stark aufs Elektrometer wirkt, noch einen merklichen Funken gibt; dadurch wird aber die Fähigkeit der beyden Flächen, mehr

mehr Elektricität aufzunehmen, sehr groß, und macht eine ungemein heftige Ladung möglich. Beym Entladen wird beyden Elektricitäten eine leitende Verbindung gegeben, so daß die Vertheilung plötzlich aufhört, und die ganze Ladung mit einem starken Geräusch ausbricht. Auf eben diese Art erklären sich auch sehr leicht die Erscheinungen des Elektrophors und Condensators der Elektricität. M. s. die dazu gehörigen Artikel.

Lord **Mahon**, jetzt Graf Stanhope *), beschäftigte sich vorzüglich mit Untersuchungen der elektrischen Wirkungskreise, welche er als einen Theil positiv oder negativ elektrisirter Luft betrachtet. Er gebrauchte hierbey ein Elektrometer von Korkkugeln von höchstens $\frac{1}{16}$ Zoll im Durchmesser, welche an feinen linnenen Fäden, als ohne Zerreißung möglich war, an einen Haken parallel aufgehangen waren, und am sichersten mit einer Stange Siegellack isolirt wurden. Hiermit untersuchte er die Stärke der Elektricität in den verschiedenen Theilen des isolirten Leiters (fig. 49.) a b, dessen E durch Annäherung eines andern durch Mittheilung elektrisirten Leiters p c vertheilt ist. Wenn p c ein + E erhalten hat, so zeigt der in den Wirkungskreis desselben gebrachte Theil des andern Leiters a b ein − E, der entferntere Theil B hingegen ein + E, so lange selbiger unberührt geblieben ist, und zwischen beyden Enden befindet sich ein Punkt d, welcher gar keine Elektricität zeigt, den Lord **Mahon** den **neutralen Punkt** nennt. Die Stelle dieses Punktes sucht er durch die Theorie nach zweyerley Hypothesen zu bestimmen, indem er einmahl annimmt, die Wirkung der Elektricität verhalte sich verkehrt, wie die Entfernung selbst, und das andere Mahl, sie verhalte sich verkehrt, wie das Quadrat der Entfernung. Die Versuche zeigten nachher, daß diejenige Stelle die richtige war, welche sich aus der letztern Hypothese ergab. Bey diesen sehr feinen Versuchen durfte der Faden am

*) Principles of electricity. Lond. 1779. 4. Lord Mahon's Grundsätze der Elektricität; aus dem Englischen übers. mit Anmerk. von J. F. Seeger. Leipz. 1789. 8.

am Elektrometer nicht über ¾ Zoll lang, und nicht wohl an etwas anderen, als an einer Stange Siegellack befestigt seyn. Oft war es schwer, die Stelle des neutralen Punktes bis auf $\frac{1}{100}$ oder $\frac{1}{80}$ der Länge a b genau anzugeben, indem das +E bey b und das —E bey a überaus schwach war; inzwischen gelang es doch immer, um zu sehen, daß Versuch u. d Rechnung genau mit einander übereinstimmten; allemahl war bc + ac : ac = bd + ad : ad. Hierbey darf aber a b nicht berührt werden, und noch weniger mit der Erde in Verbindung oder von feuchter Luft umgeben seyn; auch darf kein spitziger Leiter in den elektrischen Wirkungskreis gebracht werden.

Diese Entdeckungen des Lord Mahon erregten unter den Physikern große Aufmerksamkeit; Herr Volta aber, der bald nachher nach England kam, läugnete, daß das am Leiter a b verschobene Elektrometer den wahren Zustand des ±E an seinen verschiedenen Stellen anzeige. Der Grund, welcher ihn hierzu bewog, war dieser, weil der Leiter a b aus jeder Stelle seiner Länge, an welcher man ihn berühre, auf gleiche Art einen positiven Funken gebe, und alsdann, wenn man den Einfluß von p c aufhebe, negativ befunden werde. Hieraus schloß Volta gegen Lord Mahon, daß während des Einflusses von p c die Wirkung von a b überall von gleicher Intensität, aber a b an allen seinen Stellen in eben demselben elektrischen Zustande sey. Die Veränderungen des Elektrometers schrieb er vielmehr dem unmittelbaren Einflusse des p c auf die Kugeln desselben zu.

Diesen scheinbaren Widerspruch zwischen Volta und Lord Mahon hat Herr de Lüc *) glücklich gehoben, indem er gezeigt hat, daß beyde zugleich Recht haben, da sie den Gegenstand aus verschiedenen Gesichtspunkten betrachteten. Lord Mahon redet bloß von dem Abstoßen der Kugeln des Elektrometers, oder nach de Lüc's Ausdrucke von den elektrischen Bewegungen, welche bloß den Gesetzen der Dichtigkeiten des elektrischen Fluidums folgen; dagegen sieht Volta auf den Ueber-

*) Neue Ideen über die Meteorologie. §. 325 sqq.

Uebergang dieses Fluidums in andere Körper, welcher auf dem Gesetze seiner ausdehnenden Kraft beruht. Es sind aber die Dichtigkeiten mit der ausdehnenden Kraft nicht nothwendig, und nur sehr selten, unter sich im gleichen Verhältnisse, indem dieselbe Menge elektrischer Materie durch eine größere Menge fortleitendes Fluidum mehr ausdehnende Kraft erhält. Es können daher beyde Behauptungen wahr seyn, ohne sich zu widersprechen. Auch lehren Herrn de Lüc's eigene Versuche, daß wirklich bey Leitern, welche elektrischen Wirkungskreisen, oder nach seinem Ausdrucke elektrischen Einflüssen, ausgesetzt werden, die Dichtigkeiten des elektrischen Fluidums an verschiedenen Stellen verschieden sind, obgleich die ausdehnende Kraft an allen Stellen fast gleich groß ist.

Wie übrigens Herr de Lüc nach seinem Systeme die Wirkungen der elektrischen Wirkungskreise erklärt, ist unter den Artikeln: **Flasche, geladene, Elektrophor**, angezeigt worden.

Herr **Coulomb** hat endlich durch oft wiederhohlte, mit größter Sorgfalt angestellte Versuche gefunden, daß die Theilchen der elektrischen Materie beym gegenseitigen Abstoßen wirklich das Gesetz des verkehrten Verhältnisses des Quadrats der Entfernungen, befolgen. Wenn z. B. ein Theilchen ein anderes einen Zoll von ihm gelegenes Theilchen mit einer gewissen Kraft abstößt, so stößt es ein drittes Theilchen, das 2 Zoll von ihm entfernt ist, mit einer vier Mahl geringern Kraft, ein viertes 3 Zoll von ihm entferntes Theilchen, mit einer neun Mahl geringern Kraft ab u. s. f.

M. s. **Cavallo** vollständige Abhandl. der Lehre der Elektricität, B. I. Leipz. 1797. 8. S. 299 u. f.

Wismuth, Aschbley (bismuthum, stannum cinereum s. glaciale, bismuth, étain de glace) ist ein röthlich weißes Halbmetall, das aus breiten Blättern besteht, und sehr spröde ist. Sonst gab man demselben den Nahmen **Markasit**, welches bey dem Gebrauche älterer Schriften wohl zu merken ist, wie z. B. **Wolf** das Amalgama zu Belegung erhabener Kugelspiegel aus Quecksilber, Zinn und Markasit

kasit bereiten lehrt, wo man irren würde, wenn man Markasit nach der jetzigen Bedeutung des Worts für Schwefelkies nähme.

Sein eigenthümliches Gewicht ist nach Bergmann 9,670. Sonst ist es hart, und hat wenig Klang. In der Hitze fließt der Wismuth noch vor dem Glühen, und eher als das Bley, bey 460 Grad Fahrenh. Bey stärkerer Hitze ist er flüchtig, dampft und brennt endlich beym Glühen und dem Zutritte der Luft mit einer kleinen blauen Flamme, und einem dicken gelben Rauche, der sich an kalte Körper als Blumen anlegt (flores bismuthi). Diese Blumen sind aber im Feuer nicht weiter flüchtig. In verschlossenen Gefäßen läßt sich der Wismuth unverändert in die Höhe treiben und sublimiren. Wenn er nach dem Fließen ruhig erkaltet, so krystallisirt er sich in kleinen polyedrischen Säulen, die sich treppenförmig, wie die Krystalle des Kochsalzes, an einander legen.

Wenn der Wismuth auch bey einem mäßigen Feuer fließt, so wird er an der Luft ebenfalls, wie das Bley, auf der Oberfläche mit einer gelbbräunlichen Haut bedeckt, und nach der wiederhohlten Abnahme derselben endlich ganz in solche Wismuthasche (calx bismuthi, oyidum bismuthi, oxide de bismuth) verwandelt. Er nimmt bey diesem Verkalken über 0,08 am Gewichte zu. Dieser Kalk, so wie die Blumen, schmelzen beym Glühen ziemlich leicht, und geben ein gelbes durchsichtiges Glas von ansehnlicher Dichtigkeit, das, wie das Bleyglas, die Gefäße leicht durchdringt, und die Erden und metallischen unedlen Kalke verglaset. Luft und Wasser greifen den Wismuth nicht merklich an.

Die Säuren haben auf den Wismuth keine gleich starke Wirkung. Die Schwefelsäure löset nur kalt den Kalk, den regulinischen nicht anders, als im Kochen, mit Entbindung von vielem Schwefelgas, auf. Auch die Salzsäure, selbst im concentrirten Zustande, wirkt nur schwach auf den regulinischen Wismuth. Nur bey anhaltendem Digeriren des Wismuths in starker Wärme mit vieler rauchenden Salzsäure erhält man nach dem Abrauchen der durchgeseiheten Flüssigkeit

nach

nach Monnet's Bemerkungen kleine längliche, nicht zusammenhängende Krystalle, welche an der Luft zerfließen, durch hinzugegossenes Wasser einen weißen Kalk fallen lassen, im Feuer zum Theil ihre Säure verlieren, zum Theil aber in Gestalt einer dickflüssigen, zähen, in der Kälte gestehenden, in der Wärme zerfließenden Materie sublimirt werden können, welche den Nahmen der **Wismuthbutter** erhalten hat. Das eigentlichste und wirksamste Auflösungsmittel für den Wismuth ist die **Salpetersäure**. Sie greift ihn mit Heftigkeit und Wärme an, und es entwickelt sich eine sehr große Menge reines Salpetergas. Die Auflösung ist klar und farbenlos, schießt in Krystallen an, welche einen **salpetersauren Wismuth** (bismuthum nitricum, nitras bismuthi, nitrate de bismuth) darstellen. Im Wasser werden die Krystalle gleich zersetzt, und es fällt ein sehr weißer Wismuthkalk nieder, der **Wismuthweiß, Wismuthniederschlag, Schminkweiß, Blanc d'Espagne** (magisterium bismuthi) heißt, und um 0,13 Theile schwerer, als der aufgelösete Wismuth ist.

Mit den meisten Metallen verbindet sich der Wismuth und macht sie dadurch bleicher und spröder. Mit dem Quecksilber amalgamirt er sich so leicht, daß er in geringer Menge zugesetzt dem Quecksilber nichts von seiner Flüssigkeit nimmt.

Uebrigens gebraucht man den Wismuth zu verschiedenen Compositionen, zur Spiegelfolie, zum Löthen u. s. w., weil ein kleiner Theil dieses Halbmetalls die Schmelzbarkeit der Metalle ungemein vermehrt.

M. s. **Gren** system. Handbuch der ges. Chemie, Th. III. Halle 1795. 8. §. 2603 ff.

Witterungslehre s. **Meteorologie**.

Woche (hebdomas, septimana, semaine) ist die Zeit von sieben auf einander folgenden Tagen. Der Gebrauch, die Woche in sieben Tage einzutheilen, ist fast bey allen orientalischen Völkern in den entferntesten Alterthümern getroffen worden, und wird von der mosaischen Schöpfungsgeschichte hergeleitet, nach welcher die Welt in sieben Tagen erschaffen ist. In den folgenden Zeiten hat man auch einen jeden Wochentag

chentag mit dem Nahmen von einem der sieben vorgeblichen Planeten belegt, welche Benennung noch heut zu Tage üblich ist. Nach der ptolemäischen Weltordnung wurden diese sieben Planeten von oben herunter also geordnet ♄, ♃, ♂, ☉, ♀, ☿, ☽, bey den Tagen in der Woche aber auf folgende Art: ☉ (Sonntag), ☽ (Montag), ♂ (Dienstag), ☿ (Mittwoch), ♃ Donnerstag), ♀ (Freytag), ♄ (Sonnabend). Nach dem astrologischen Aberglauben regiert nähmlich ein jeder Planet des Tages eine Stunde, und von dem Planeten, welcher die erste Stunde des Tages regiert, hat der ganze Tag seinen Nahmen erhalten. Wenn also die erste Stunde am Sonntage als den ersten Wochentag von dem vornehmsten Planet, der Sonne, die nachfolgenden Stunden aber von den übrigen Planeten in folgender Ordnung ♀, ☿, ☽, ♃, ♄, ♂ beherrscht werden, so bekommt die 8te Stunde wieder die Sonne, die 23ste Stunde die Venus, die 24ste der Merkur und die 25ste oder die 1ste Stunde am Montage der Mond, und an diesem Tage kommt auf die 23ste Stunde der Saturn, auf die 24ste der Jupiter, und auf die 25ste oder auf die erste Stunde des Dienstags der Mars u. s.

Herodot und **Dio Cassius** schreiben die Zeitperiode von 7 Tagen, mit den Planeten verglichen, den Egyptiern zu. Einige, z. B. **Blondel** [a]), leiten die Ordnung, nach welcher die Tage den Planeten zugehören, wobey man immer vom ersten zum vierten springt, von dem musikalischen Intervall der Quarte her, welches die Grundlage der alten Tonleiter ausmachte. M. s. **Ton**.

Des Herrn **de la Lande** Vermuthung, daß die Abtheilung der Zeit von sieben Tagen von den alle sieben Tage abwechselnden Mondphasen herrühre, ist nicht wahrscheinlich, weil zwey auf einander folgende Mondbrüche nicht auf einerley Wochentage fallen.

Wolframsäure, Tungsteinsäure (acidum lapidis ponderosi, acidum wolframicum, acide tunstique) ist eine eigene von **Scheele** im Jahr 1781. entdeckte Säure, welche

a) Histoire de Calendrier Romain, p. 13 sqq.

welche den Kalk des Wolframmetalls ausmacht, und im Tungsteine oder Schwersteine mit Kalkerde vereinigt ist.

Der Tungstein (lapis ponderosus) war von den alten Mineralogen bald unter dem Nahmen der weißen Zinngraupen zu den Zinnerzen, bald zu den Eisenerzen, auch wohl zu den Steinarten gerechnet worden. Scheele [α]) zeigte aber im Jahre 1781. zuerst, daß er eine eigne Säure mit Kalkerde gesättiget enthalte; und Bergmann [β]) machte es zu gleicher Zeit aus dem großen eigenthümlichen Gewichte dieser Säure, aus ihrer Fällung durch Blutlauge, und ihrer Eigenschaft, Glasflüsse zu färben, wahrscheinlich, daß diese Säure metallischer Natur wäre. Die Gebrüder d'Elhuyar [γ]) bestätigten Bergmann's Behauptung durch Reduktionsversuche, und fanden zu gleicher Zeit, daß eben diese Säure des Tungsteins, nebst etwas Eisen und Braunstein, den vorwaltenden Grundtheil des Wolframs ausmache. Herr Klaproth fand nachher in dem Wolfram 0,46 Säure des Tungsteins, und 0,31 Eisenkalk und Arsenik.

Nach Scheele gewinnt man die Wolframsäure auf folgende Art: man vermischt einen Theil recht fein geriebenen Tungstein mit 4 Theilen Weinsteinsalze, und schmelzt dieses Gemisch in einem eisernen Tiegel, gießt es dann auf eine eiserne Platte, löset es in 12 Theilen kochendem Wasser auf, süßet den Rückstand aus, gießt so lange Salpetersäure darauf, bis kein Ausbrausen mehr erfolgt, schmelzt hierauf den unaufgelöseten Theil wieder mit 4 Theilen Weinsteinsalz und behandelt Alles wie zuvor, worauf nur ein geringer Theil von Kieselerde zurückbleibt. Die alkalische wässerige Ausziehung enthält nun die Verbindung des metallischen Grundtheils

α) Neue schwed. Abhandl. B. II. 1781. S. 89. und in Crell's neuest. Entdeck. Th. X. S. 209.

β) Supplem. zu der Abhandl. vom Tungstein. Ebend. S. 95

γ) Chemische Zergliederung des Wolframs und Untersuchung eines neuen darin befindlichen Metalls, übersetzt von Gren, nebst Beyträgen zur Geschichte des Wolframs und Tungsteins. Halle 1786. 8.

theils des Tungsteins mit dem Gewächsalkali; die mit Salpetersäure aber die Kalkerde des Tungsteins. Wird nun der erstern Salpetersäure zugesetzt, so fällt ein weißes Pulver nieder, das, mit kaltem Wasser ausgesüßt und getrocknet, **Scheele'ns Tungstein- oder Schwersteinsäure** ist, und das wir **Wolframsäure** nennen.

Die Gebrüder d'Elhuyar haben indessen bewiesen, daß diese weiße Tungsteinsäure keines Weges der reine metallische Kalk des Tungsteins sey. Um diese Säure ganz rein zu erhalten, muß man sie nach dem Feinreiben mit Salpetersäure in hinlänglicher Menge übergießen, damit im Sandbade sieden lassen, dieß einige Mahl mit frischer Säure wiederhohlen, und zuletzt das ausgesüßte gelbe Pulver unter der Muffel calciniren.

Der reine gelbe Wolframkalk löset sich nicht im Wasser auf; im ätzenden Ammoniakgeiste aber löset er sich gänzlich auf, und die Salpetersäure schlägt aus dieser Auflösung ein weißes Pulver nieder, welches der Scheelischen Tungsteinsäure ähnlich ist. Der gelbe Wolframkalk wird blau, wenn er an einem feuchten Orte liegt, und noch eher, wenn er der Sonne ausgesetzt wird. In diesem letztern Falle ist das Blau dunkler.

M. s. Gren systemat. Handbuch der gesammten Chemie, Th. III. Halle 1795. 8. §. 3511 ff.

Wolken (nubes, nuages, nuées) heißen die sichtbaren im Dunstkreise schwebenden Dünste, welche sich in *einer* gewissen Höhe über der Erdfläche befinden. Die Wolken sind von den Nebeln in nichts weiter verschieden, als daß erstere bloß in der Höhe über der Erde im Luftkreise schwimmen, da letztere auf der Erdfläche aufliegen, und zu gewissen Zeiten den ganzen Himmel trüben. Auch sieht man oft den Nebel in Wolken sich zertheilen, wenn er aufsteigt; und selbst auf dem Gipfel hoher Berge, welche mit Wolken bedeckt sind, sieht man sich bloß mit einem Nebel umgeben.

Inzwischen scheinen doch die Wolken weit undurchsichtiger, als die Nebel; in den letztern empfindet man noch das

schwache Licht, welches sie von nahen Gegenständen durchlassen; da man hingegen an den Wolken das häufige Licht wahrnimmt, das sie nicht durchlassen, sondern von ihrer äußern Fläche zurückwerfen. Diese Undurchsichtigkeit der Wolken, welche das Sonnenlicht abhält, und den Himmel trübe macht, hängt von der ungleichförmigen Dichtigkeit ihrer Theilchen und der Luft, in welcher sie schweben, ab, und ist größer oder geringer, je nachdem die Wolken dichter und dünner, oder von größerer oder geringerer Dicke sind. Dünne Wolken verstatten oft, die Sonne mit geschwächtem Glanze durch sie zu sehen; sonst bediente man sich dieses Mittels, die Sonne ohne Gefahr der Augen durch Fernröhre zu betrachten.

Die Wolken können in der Atmosphäre in verschiedenen Höhen sich befinden, welches schon daraus leicht zu erkennen ist, weil sie von dem Winde nach verschiedenen Richtungen fortgeführt werden. Die größte Höhe der Wolken übersteigt die Höhe der Berge, indem die höchsten Berge beschneyet werden. Auch hat **Bouguer** Wolken beobachtet, welche 700 bis 800 Toisen über dem Gipfel des Chimboraço standen.

Riccioli hat durch geometrische Messungen gefunden, daß die Höhe der Wolken nie über 25000 Fuß betrage. Allein die Methoden, die Höhe der Wolken aus zwey Standpunkten geometrisch zu messen, sind unsicher, indem sich der Ort und Stand der Wolken unaufhörlich ändern, und entfernte Beobachter nie versichert seyn können, bey gleichzeitigen Winkelmessungen genau einerley Punkt der Wolke zu treffen. Die Mitglieder der Akademie zu Florenz schlugen vor, die Höhe durch den Schall der Wolken zu bestimmen. Wenn es nähmlich in den Wolken blitze, so soll man die Zeit zwischen dem Blitz und dem Donner beobachten, und hieraus die Entfernung der Wolken aus der bekannten Fortpflanzung des Schalles herleiten. **Jakob Bernoulli** [a]) fiel auf den Gedanken, die Höhe der Wolken aus der Zeit zu suchen, welche vom Untergange der Sonne bis zu dem Augenblicke verstreicht, in

 welchem

a) Noua ratio metiendi altitudines nubium in act. erud. Lipf. 1688. p. 48 fqq.

welchem die rothe, von der Erleuchtung durch die letzten Sonnenstrahlen herrührende, Farbe der Wolken verschwindet. Auf diesen Gedanken war er durch vielfältig gemachte Beobachtungen bey heiterm Himmel, da sich hier und da nur einige Wolken zeigten, gekommen. Er hatte nähmlich wahrgenommen, daß diese Wolken nach Untergang der Sonne bisweilen mit rother Farbe glänzten, bis sie endlich nach einer viertel auch wohl halben Stunde, nachdem diese rothe Farbe plötzlich verschwand, wieder bloß wurden. Da ihm nun aus der Erfahrung bekannt war, daß die untergehenden Sonnenstrahlen die niedrigern Oerter eher als die höhern verlassen, nähmlich zuerst Wiesen und Felder, nachher die Gipfel der Gebäude, und darauf die Spitzen hoher Berge, am spätesten aber die Wolken, und zwar die gegen Morgen gelegenen eher, als die gegen Abend befindlichen; so glaubte er schließen zu können, daß die rothe Farbe der Wolken von keiner andern Ursache abhänge, als von der Reflexion der auf sie fallenden Sonnenstrahlen, und welche daher verschwinden müsse, so bald die Sonne den Wolken keine Strahlen mehr zusenden könnte. Bey der Auflösung dieser Aufgabe unterscheidet er vorzüglich drey Fälle: 1) wenn die Wolke im Scheitelpunkte des Beobachters sich befindet; 2) wenn sie zwar nicht im Scheitel, aber doch in einem Scheitelkreise liegt; und 3) wenn sie sich weder im Scheitel noch in einem Scheitelkreise befindet. Diesen letzten Fall hält er für den schwersten, und bemühet sich, Formeln zu suchen, aus welchen sich die Höhe der Wolken berechnen läßt. Allein diese Methode ist schwerlich in der Ausübung mit Sicherheit zu gebrauchen, weil der Weg der letzten Sonnenstrahlen durch die Atmosphäre wegen des verschiedenen Zustandes derselben ungemein veränderlich ist.

Was die Größe der Wolken betrifft, so ist diese ebenfalls gar sehr verschieden. **Mariotte** [*]) hat die Länge einiger über eine Meile gefunden. Bey einer kleinen Wolke kann man die Abmessungen ihrer Größe aus der Größe ihres Schat-

[*]) Discours sur le mouvement des eaux. chap. III.

Schattens auf der Erde bestimmen, welcher wegen des Parallelismus der Sonnenstrahlen mit der Wolke selbst einerley Breite und Länge hat. Die Dicke der Wolke ist bey Bergreisen, wo man durch Wolken steigen mußte, oft von etlichen hundert bis tausend Schuhen gefunden worden.

Die Größe und Gestalt der Wolken verändert sich mit jedem Augenblicke, welches Musschenbroek den Bewegungen der Luft, den Trennungen und dem Hinzukommen neuer Dünste zuschreibt. Ihre Gränzen sind an den Seiten sehr irregulär, wie schon der Anblick zeigt; die obere Fläche ist gewöhnlich ungleich und flockig, welches man deutlich wahrnimmt, wenn man sie auf den Bergen von oben herab betrachtet. Die untere Fläche ist ebener und glatt abgeschnitten.

Vom Winde werden sie mit derselben Schnelligkeit fortgeführt, als die Luft selbst hat, mit welcher sie im Gleichgewichte stehen, obgleich heftige Stürme, welche gegen ruhende Wolken stoßen, dieselben zertheilen oder dichter zusammenbringen können. Von den Bergen werden sie angezogen, und versammeln sich daher gern um selbige, obgleich dieß Musschenbroek vom Winde ableiten will, der sie gegen die Berge treibe, wo sie aufgehalten würden und sich ansammelten, so wie sie in einer windstillen Gegend hinter den Bergen ruhig blieben.

Auch suchte Wolf *) die Last der Wolken durch eine ungefähre Rechnung aus Algöwers Beobachtung zu Ulm zu bestimmen. Es hatte nähmlich am 12. August 1718. $21\frac{1}{4}$ Linien hoch geregnet, und Wolf nimmt an, daß damahliger Zeit in einer Wolke gerade so viel Wasser war, als herabgeregnet sey. Nun nimmt er einen Platz an, der 40 Fuß lang und eben so breit ist, weil Algöwer einen solchen bey Abmessung des Regenwassers gebraucht hatte. Dieser Platz beträgt also nach 12 theil. Quadratmaße 1600 Quadratfuß = 331776oo Quadratlinien. Wird nun diese mit $21\frac{1}{4}$ Linien multiplicirt, so gibt das Produkt 705024000 Cubiklinien die Menge des Wassers, welches darauf geregnet,

 oder

*) Nützliche Versuche. Th. II. Cap. VI. §. 91.

oder welches die Wolke enthielt. Nach dem Decimalmaße wäre dieß 408000000 Cubiklinien = 408 Cubikfuß. Setzt man also das Gewicht eines Cubikfußes Wassers = 64 Pfund so würde das ganze Gewicht einer solchen Wolke 26112 Pfund betragen. **Musschenbroek** führt auf eine andere Art die Rechnung, indem er nähmlich voraussetzt, daß die Wolke aus 10 Theilen Luft gegen einen Theil Dünste zusammengesetzt ist. Weil nun die Luft in Luft nicht wiegt, so hat er nur die Dünste zu berechnen, deren Gewicht den 10ten Theil einer mit der Wolke gleich großen Luftmasse ausmacht. Auf solche Art findet er das Gewicht einer Wolke, welche 6000 Fuß lang, eben so breit, und 1000 Fuß dick ist, größer als 325182290 Pfund.

Die Alten machten sich von der Entstehung und Bildung der Wolken diese Vorstellung, daß sie glaubten, die in die Atmosphäre aufgestiegenen Wasserdämpfe würden zum Theil durch Kälte, zum Theil aber auch durch Winde zusammengebracht und verdichtet. Nachher nahm man die Elektricität zu Hülfe, welche die Wassertheilchen umringe, sie in gewissen Abständen von einander erhalte, und dadurch die verschiedene Dichte und das specifische Gewicht veranlasse, vermöge dessen die Wolken entweder in niedrigern oder höhern Schichten der Atmosphäre schwebten.

Allein schon **Wolf** bemerkt, daß in allen Nebeln und Wolken die Dünste in **blasenförmiger Gestalt** zugegen sind, und meint, diese kleinen Bläschen wären mit wirklicher Luft angefüllt, woraus er es begreiflich zu machen sucht, daß Wolken in der Luft schwebend erhalten werden können, wenn sie gleich viel schwerer als die Luft selbst sind.

Nach **de Saussüre**, der die Ausdünstung als eine wahre Auflösung des Wasserdampfs in der Luft annimmt, bleibt der aufgelösete elastische Dampf, so lange noch kein Niederschlag erfolgt ist, vollkommen durchsichtig, wie dieß alle vollkommenen chemischen Auflösungen sind. Diese Durchsichtigkeit behält er bis zur Sättigung; so bald aber durch Uebersättigung, sie mag entweder durch einen allzustarken Zufluß von

von Dünsten, oder durch Erkältung, oder durch irgend eine andere Ursache erfolgen, ein Niederschlag bewirkt wird, so nimmt derselbe, wenn eine berührende Oberfläche gegenwärtig ist, die Gestalt des Reifs oder des Thaues an; ist aber keine dergleichen Oberfläche vorhanden, so vereiniget er sich entweder zu kleinen Tröpfchen oder Nadeln, welche die ersten Anlagen zu Regen und Schnee geben, und von de Saussüre concrete Dünste genannt werden; oder er nimmt durch einen hinzukommenden Umstand (vielleicht von der Elektricität) auf einige Zeit die Gestalt der Dunstbläschen an. Aus diesen Dunstbläschen bestehen nun die undurchsichtigen Nebel und Wolken; da hingegen von den concreten Dünsten, welche die Lichtstrahlen durchlassen und brechen, die Veranlassung zu den Höfen und andern Meteoren entsteht, welche Regen verkündigen. Hört der Umstand auf, welcher zur Bildung der Bläschen Veranlassung gab, so verwandelt sich ihr Wasser in concreten Dunst, der entweder sogleich als Regen, Schnee, Hagel u. s. herabfällt, oder auch noch eine Zeit lang schwebend im Luftkreise bleibt.

Dagegen findet Herr de Lüc das Auflösungssystem nicht zureichend, die Erscheinungen der Ausdünstung, der Bildung der Wolken und des Regens zu erklären, und macht sich von dem Allen, was im Luftkreise hierbey vorgeht, ganz andere Vorstellungen. Seiner Meinung nach bleibt das Wasser während der Zwischenzeit zwischen seinem Aufsteigen als Dampf und seinem Zustande als Wolken, Regen, Schnee u. f. in einer veränderten Form verborgen, in welcher es kein Wasser, keine Feuchtigkeit mehr sey, sondern vielmehr eine Luftart ausmache, und aufs Hygrometer gar keine Wirkung äußert. Hiervon überzeugt ihn die große und anhaltende Trockenheit der obern Luftschichten, welche durch alle Beobachtungen des Hygrometers auf Bergen bestätigt wird, und die Unmöglichkeit, eine Menge beym Regen vorkommender Umstände aus den Gesetzen der Hygrologie allein zu erklären. Nach dem Auflösungssysteme können Dunstbläschen oder concrete Dünste nicht eher entstehen, als bis die Luft mit aufgelöseter

Feuchtigkeit völlig gesättigt ist. Herr de Lüc ward aber ein Mahl auf dem Buet bey großer Trockenheit der Luft (da das Thermometer $45\frac{1}{2}$ Grad nach Fahr. zeigte, und das Hygrometer $66\frac{1}{2}$ Grad von der Sättigung entfernt war,) plötzlich von einem 18stündigen Regen und Sturm, Hagel und Donner überfallen, welcher in allen benachbarten Gebirgen und Ebenen eben so lange anhielt; und nachdem Alles vorbey war, zeigte die Luft eben den Grad der Feuchtigkeit wie vorher. Ein solches Phänomen, bey dem auch die Ursache nicht in der Kälte der Luft liegen konnte, zeigt, daß der Regen nicht schlechthin der umgekehrte Verdampfungsprozeß ist.

Selbst de Saussüre findet, daß ein Cubikfuß Luft, bey der Wärme von 70° Fahrenh. im Zustande der vollkommenen Sättigung, nicht mehr als 10 Gran Wasser enthalten könne. Dieß ist aber zur Erklärung der Menge des Wassers, welche die Wolken herabgießen, schlechterdings nicht zureichend; daher de Saussüre darauf rechnen muß, daß sich diese große Wassermenge in Gestalt des Vesicularniederschlages im Luftkreise aufhalte, wobey es für die Menge von Bläschen in einem bestimmten Raume keine andere Gränze, als ihre unmittelbare Berührung, gebe. Dagegen zeigt Herr de Lüc mit vieler Stärke, wie wenig dieß zur Erklärung des Regens hinreiche, und wie Herr de Saussüre dieß selbst fühle, und daher zur Unterhaltung der Fortdauer des Regens ein beständiges Aufsteigen der Dünste und einen vertikalen Wind anzunehmen genöthigt sey. De Lüc beweiset aber, daß es einen solchen vertikalen Wind gar nicht gebe, nicht geben könne, und daß er, wenn es einen gebe, doch nur Regen nach Regen, nicht aber das ganze Phänomen erklären würde.

Aber auch Herr de Lüc nimmt die Wolken als eine Sammlung von Bläschen an, und vermuthet, daß die Ursache ihrer Kugelstalt zum Theil Feuer sey, weil sie dem Körper, den sie benetzen, zugleich fühlbare Wärme mittheilen. Hierüber hat er schon in seinen Untersuchungen über die Atmosphäre (Th. I. § 694.) eine am 30. May 1756. auf dem Gebirge

Gebirge Saleve angestellte Beobachtung angeführt, da bey sehr heiterm Himmel das Thermometer in freyer Luft in der Sonne aufgehängt + 4⅔ seiner Skale zeigte. Es erhob sich eine Wolke, die sich unten gebildet hatte, umgab ihn und verbarg gänzlich die Sonne und Ebene. Er beobachtete sein Thermometer, welches befeuchtet war, so wie auch der Strauch, an dem es hing, und stieg zu + 5½°. Da die Wolke höher gestiegen war, und die Sonne wieder zum Vorschein kam, und das Thermometer von neuen erschien, so sank das Thermometer auf + 4⅔° zurück.

Die Entstehung der Wolken sucht de Lüc auf folgende Art begreiflich zu machen: die eigentlichen Dünste, als das unmittelbare Produkt der Ausdünstung, haben bey jeder Temperatur ein Maximum, das sie nicht übersteigen können, ohne daß sich ein Theil davon bald zerstöre. Alsdann ist der Hang der Theilchen des Wassers sich unter einander zu vereinigen, stärker, als ihr Hang, mit dem Feuer vereinigt zu bleiben. Wenn dieses Maximum schnell überschritten wird, so bilden sich alle Mahl Bläschen. Es suchen alsdann viele Wassertheilchen sich in jedem kleinen Raume zu vereinigen, und das Feuer, welches frey wird, verbindet sich mit den übrigbleibenden Theilchen der Dünste. Vielleicht werden die Wassertheilchen durch diese elastischen Dünste, welche noch fortfahren unter ihnen zu existiren, und durch eine gewisse Menge von Feuer, das mit ihnen in diese Hülle eingeschlossen bleibt, genöthigt, die Gestalt der Bläschen anzunehmen. Die Bläschen vertragen, ohne zu gefrieren, eine größere Kälte, als das Wasser; gefrieren sie aber endlich, so werden sie zerstört, und in Schnee verwandelt, dessen Gestalten deutlich den Hang der Wassertheile verrathen, beym Verluste ihres latenten Feuers regelmäßige Formen anzunehmen.

Herr de Lüc glaubt, daß Nebel und Wolken nichts weniger als bleibende Phänomene sind, vielmehr sind sie bald vorübergehende Erscheinungen, und wenn sie uns ja von Dauer zu seyn scheinen, so ist dieß nicht wirklich, sondern nur Täuschung. Die Bläschen zerstören sich alle Augenblicke in der

 Luft,

Luft, es entstehen aber so fort wieder andere in der Stelle der vorigen. Man kann sich eine Idee von dem Verschwinden und Entstehen von bläschenförmigen Dünsten machen, wenn man sich einen unsichtbaren Kessel vorstellt, welcher in der Luft aufgehängt ist, und in welchem das Wasser mit Heftigkeit kochte. Das Hygrometer zeigt in den Wolken die größte Sättigung; ganz nahe dabey nichts weniger als dieses. Da nun aber die Wolken beständig bleibende Körper zu seyn scheinen, während sie beständig verdunsten, so muß eine unerschöpfliche Quelle vorhanden seyn, aus welcher sie beständig von neuen entspringen. Wo diese reichhaltige Quelle liege, ist noch ein Gegenstand der Untersuchung; sehr wahrscheinlich wird sie aber in irgend einer Ursache gefunden werden, welche die Rückkehr des latenten Wassers, welches sich unter andern Gestalten in der Luft befand, in die Gestalt der Dünste schleunig befördert.

Daß die Wolken wirklich verdunsten, selbst dann, wenn sie sich vergrößern, läßt sich nach Herrn de Lüc deutlich wahrnehmen, wenn man die Augen auf ihren zerschnittenen Rand wendet, welcher, wenn er das Blaue des Himmels zum Grunde hat, tausend besondere Figuren darstellt. Bisweilen sieht man, indessen sich ein Zweig der Wolke zerstreuet, andere sich bilden, sich ausdehnen und selbst neue Zweige hervorbringen. Es scheint in der Luft eine allgemeine Quelle von Dünsten zu seyn, welche sie bey gewissen Umständen hergibt; diese Dünste werden an dem Orte selbst erzeugt, wo sich die Wolken bilden; nur durch die Fortdauer dieser Erzeugung erhalten sich die Wolken, und vergrößern sich sogar, ob sie gleich rund herum verdunsten. Endlich zerstreuen sie sich, wenn die Quelle versiegt, und ihre Ausdünstung nicht mehr durch Bildung neuer Dünste ersetzt wird.

Diejenigen Wolken, welche Regen verbreiten, sind von den bisher betrachteten nur darin verschieden, daß die Ursache, welche ihnen Dünste verschafft, es in einem solchen Uebermaße thut, daß die gebildeten Bläschen, indem sie sich weder schnell genug ausdehnen noch verdunsten können, sich häufig im

im Schoße der Wolken selbst berühren, wodurch ein Theil davon zerstört wird. Alle Bläschen, welche sich also berühren, vereinigen sich, und es bilden sich allmählich ziemlich große Blasen, von welchen das Wasser ringsum abfließt, bis endlich ihr oberer Theil so dünn wird, daß sie zerplatzen. Alsdann bilden sich Wassertropfen, welche im Fallen sich vergrößern, und andere Bläschen mit sich fortreißen, oder mit Wasser überladen, woraus die Franzen oder Flocken entstehen, welche man so oft von den Regenwolken herabhängen sieht. M. s. Regen.

Diese sehr sinnreiche Theorie der Wolken bleibt freylich noch manchen Schwierigkeiten ausgesetzt. Man erhält daraus noch keine deutliche und bestimmte Idee von der Quelle der Erzeugung der Dünste. Auch ist es nicht leicht zu erklären, warum das Barometer sinkt, wenn sich große Wolken bilden, und wieder steigt, wenn es zu regnen anfängt. Selbst Herr de Lüc gesteht, daß ihm seine Hypothese in Rücksicht der Veränderungen des Barometers an ein und demselben Orte noch nicht genugthue. Zwischen den Wendekreisen gibt es fast gar keine Barometerveränderungen, obgleich die Abwechselung der Ausdünstung und des Regens eben so häufig, und wohl noch häufiger, als an andern Orten, sind.

Seitdem hat de Lüc in einigen Briefen an de la Metherie *) die Theorie der Auflösung des Wassers in der Luft mit erheblichen Gründen bestritten. Er nennt es eine schwankende Hypothese ohne allen Grund, unnütz zur Erklärung der Erscheinungen, welche sie doch ganz allein zur Absicht habe, und behauptet, daß sie über alle Theile der Physik die größte Dunkelheit verbreite. Dagegen hat diese Theorie der Auflösung des Wassers in Luft an Herrn Hube einen scharfsinnigen Vertheidiger gefunden, wovon das Wesentlichste schon unter dem Artikel: Ausdünstung, ist angeführt worden. Hier

*) Observ. sur la physique etc. p. MM. *Rozier, Mongez* et *de la Metherie.* Tom. XXXVI. 1790. Mars. p. 197 sqq. Avril p. 176 sqq. übers. in Gren's Journal d. Phys. H. 6. S. 402. H. 7. S. 131 f.

Hier ist nur noch nöthig zu zeigen, was für eine Vorstellung er sich von der Bildung der Wolken mache.

Die Nebel haben mit den Wolken eine vollkommene Aehnlichkeit, und sind nur in Ansehung des Ortes, den sie in der Atmosphäre einnehmen, verschieden. Die Wolken sind eben so gut, wie die Nebel, elektrisirt, und oft ungleich stärker, nur ist ihre Elektricität gewöhnlich nicht positiv, so wie die der Nebel, sondern negativ. Vielleicht rührt diese starke Elektricität, welche die Wolken oft zeigen, bloß davon her, daß sie sich an der Luft reiben, indem sie sich in ihr erheben oder senken, oder auf eine andere Art bewegen. Außer dem nimmt die Elektricität der Nebel und der Wolken zu, wenn ihre Bläschen einander näher kommen. Daher findet man gewöhnlich die stärkste Elektricität in dichten Nebeln, und in dichten dunkeln Wolken.

Die Wolken verlieren ihre Elektricität entweder durch wirkliche Berührung mit leitenden Körpern, z. B. wenn sie sich an die Berge hängen, und da unmerklich, oder auf ein Mahl zerfließen, oder nicht bey einer unmittelbaren Berührung, sondern auch schon in einer gewissen Entfernung von der leitenden Erde, da die Luft bald mehr, bald weniger, aber doch immer etwas leitend ist. So bald dieser Verlust beträchtlich genug ist, so fließen die Bläschen der Wolken so stark zusammen, daß sie in Tropfen herunter fallen und Regen bilden.

Die Nebel werden durch die Kälte erzeugt, welche die Feuchtigkeit der Luft auf die zweyte Art niederschlägt. Viele Wolken haben einen ähnlichen Ursprung, und es ist höchst wahrscheinlich, daß die Kälte so wohl in der obern, als untern Luft, andere Dünste niederschlagen kann, als solche, welche auf die zweyte Art aufgelöset worden sind. Dergleichen Dünste finden sich fast alle Zeit bey uns in der Atmosphäre, da bey uns auch im Sommer die Gewässer und alle sehr nasse Körper meisten Theils auf die zweyte Art ausdünsten. Es kann aber auf mancherley Art geschehen, daß die Kälte Wolken, und keine Nebel veranlaßt, ungeachtet die unterste Luft

meisten

meisten Theils feuchter ist, und auch größere Abwechselungen der Wärme und Kälte erleidet, als die obere. Dieß kann geschehen: 1) wenn bey heiterm Himmel eine warme Luft wehet, weil alsdann die warme Luft, welche der Wind zuführt, oben viel stärker als unten erkältet; 2) wenn die untere Atmosphäre bald nach Sonnenaufgang, wo die Sonnenwärme am schnellsten zunimmt, besonders bey heitern Sommertagen, stark ausgedehnt wird, und sich daher merklich erhebe; und da sie um diese Zeit sehr feucht zu seyn pflegt, so erleidet ihr oberes oft einen Niederschlag der Dünste; 3) wenn sich feuchte Luftmassen schnell von der Erde in die Höhe erheben, und oben durch Erkältung die aufgelöseten Dünste fahren lassen.

Die feuchten Luftmassen bestehen nach Herrn Hube aus **brennbarer Luft**, welche, obleich mit Dünsten der zweyten Art beladen, dennoch wegen ihrer specifischen Leichtigkeit halben schnell in der Atmosphäre aufsteigt. Die Entwickelung dieser Luft scheint unter andern auch durch die Elektricität befördert zu werden. Denn wenn man auf der Spitze eines hohen Berges steht, indem sich unten an ihm ein Gewitter zusammenzieht, so sieht man unzählige große und dicke Wolkenflocken aus den Thälern aufsteigen, und diese tragen sehr viel dazu bey, daß sich die Gewitterwolken so schnell vergrößern. Indessen verwandeln sich nicht alle aufsteigenden brennbaren Luftmassen in Wolken, sondern nur diejenigen, welche vieles Wasser auf die zweyte Art aufgelöset haben, unten auf der Erde beträchtlich erwärmt worden sind, und schnell genug aufsteigen, um stark genug erkältet zu werden, ehe sie noch ihre Dünste der angränzenden trockenen Luft in beträchtlicher Menge mittheilen können. Unter dem heißen Erdstriche steigt die brennbare Luft noch viel häufiger auf, als bey uns, dennoch bleibt dort der Himmel viele Monathe hinter einander heiter, weil das Wasser gewöhnlich nur auf die erste Art ausdünstet.

Die aufsteigenden leichtern Luftmassen fangen erstlich einige Stunden nach Sonnenaufgang an, sich in Wolken zu verwandeln. In der Nacht, wie auch früh Morgens und des Abends,

Abends, sind sie schon auf der Erde kalt, ehe sie sich erheben, und es kann daher die Erkältung in der obern Luft ihre Dünste nicht niederschlagen. Sie geben um desto leichter Wolken, je stiller ihre Luft ist, weil sie um desto schneller gerade aufsteigen, und folglich auch um desto schneller erkältet werden. Zuweilen kann ein heftiges Feuer auf der Erde die untere Luft auf eine ansehnliche Höhe treiben, einen beträchtlichen Fluß in der Atmosphäre von unten nach oben hervorbringen, und dadurch zu Wolken Gelegenheit geben. So hat man bemerkt, daß eine reichliche Ausströmung der Lava aus den Vulkanen sehr oft außerordentlich heftige Regengüsse zur Folge habe. Da das Meer in kältern Gegenden fast immer auf die zweyte Art ausdunstet, und viel brennbare Luft in die Höhe sendet, so entstehen über demselben auch die häufigsten Wolken.

Aber Erkältung und brennbare Luft erklären noch nicht alle Wolken; daher nimmt Herr Hube noch die Elektricität zu Hülfe, deren Mittheilung nach ihm die Ziehkraft der Luft schwächt, und die Niederschlagung befördert. Er beweiset dieß daraus, daß man, wenn sich Gewitterwolken zusammenziehen, in der untern Luft eine Zunahme der Feuchtigkeit bemerkt, obgleich alsdann die Dünste in Menge aus der untern Luft hinweg und zur Gewitterwolke übergehen. Man fühle alsdann, sagt er, die Schwächung der Ziehkraft an der Schwüle der Luft, welche die Feuchtigkeit des Körpers nicht mehr auflöse. Hier müsse man nothwendig vermuthen, daß die Ziehkraft der Luft sich überhaupt in dem Wirkungskreise sehr stark elektrisirter Körper vermindere.

Hieraus sucht Hube die merkwürdige Erscheinung zu erklären, welche Herrn de Lüc bewog die bisherigen Theorien des Regens aufzugeben. M. s. Regen. Man beobachtet nähmlich auf hohen Bergen, daß die Luft in einer geringen Entfernung dicker Wolken oft sehr trocken ist, und daß sich die Wolken dennoch nicht auflösen, sondern noch mehr zusammenziehen, und in Regen ergießen. Wie wäre dieß möglich, sagt er, wenn nicht solche Wolken nahe um sich her, durch ihre Elektricität, die Ziehkraft der Luft schwächen, und

also

also ihre scheinbare Trockenheit vermindern möchten? Er hat einige Mahl des Nachts bemerkt, daß bey heiterm Himmel um einzelne Wolken ein schwaches weißliches Licht entstand, und bald darauf an den Stellen dieses Lichtes die Sterne verschwanden. Daraus folgert er, daß selbst gemeine Regenwolken durch ihre Elektricität die Ziehkraft der umher liegenden Luft oft bis zur Niederschlagung der Dünste schwächen, und sich dadurch immer mehr vergrößern. Die Ursache hiervon ist, daß die Atmosphäre an sich ursprünglich eine positive Elektricität hat, und also die negative elektrische Materie begierig einsaugt, wenn eine Wolke sie durch Mittheilung elektrisirt. Durch diese neue Verbindung aber wird die alte Verbindung der Luft mit den Dünsten geschwächt.

Die Elektrisirung der obern Atmosphäre bringt nach Herrn **Hube** vornähmlich die schuppigen Wolken hervor, welche man Lämmer zu nennen pflegt, und welche dem Herrn **de Saussüre** von der Spitze sehr hoher Berge noch eben so hoch erhaben zu seyn schienen, als von unten aus der Tiefe gesehen. Sie verdichten sich nach und nach immer mehr, und nähern sich der Erde. Zuweilen aber macht diese Elektrisirung auch, daß sich der ganze Himmel mit einem feinen Nebel bedeckt, welcher sich immer mehr verdickt, und oft in einer halben Stunde ganz dunkel wird.

Wenn sich aber in der untern Atmosphäre durch die Elektrisirung von oben Wolken erzeugen, so sieht man sie zuerst an den Spitzen hoher Berge als kleine Flecken schweben; denn an den Spitzen der Berge ist die Luft am feuchtesten; hier sondern sich also die Dünste am ersten und leichtesten ab, und hier hört auch die Auflösung am spätesten auf. Daher bleiben die Gipfel der Berge noch immer mit Wolken bedeckt, wenn der Himmel um sie her sich schon allenthalben aufgeklärt hat. Man sieht daraus, warum hohe Berge schlechte Witterung vorher verkündigen.

Ueberhaupt wird nach Herrn **Hube** die Beschaffenheit des Wetters auf der Erde durch zwey von einander unabhängige Ursachen, Elektricität und Sonnenwärme, bestimmt;

in den heißern Ländern wirkt die letztere, in den kältern die erstere stärker. Eben dieserwegen ist im heißen Erdstriche die Witterung so regelmäßig, und weil das Wasser daselbst meisten Theils auf die erste Art verdunstet, so können auch nur selten durch Erkältung Wolken entstehen. Bey uns hingegen dunsten die Gewässer fast immer auf die zweyte Art aus, und die atmosphärische Elektricität ist äußerst veränderlich. Es läßt sich also leicht einsehen, warum das Wetter hier viel unbeständiger seyn muß, als zwischen den Wendekreisen.

So scharfsinnig auch Herr Hube mancherley Phänomene nach seiner Theorie erklärt, so liegen doch derselben Voraussetzungen zu Grunde, welche sich schwerlich durch directe Erfahrungen erweisen lassen.

M. s. *van Musschenbroek* introd. ad philos. natur. Tom. II. §. 2329 sqq. de Lüc neue Ideen über die Meteorologie, Th. II. 3te Abtheilung. Cap. 1. §. 525 ff. Hube vollständiger u. faßlicher Unterricht in der Naturlehre, Th. II. Leipz. 1793. 8. 29ster — 32ster Brief.

Wolkenbruch s. Regen.

Wundersalz, glauberisches s. Laugensalze.

Wurf, Wurfbewegung (iactus, proiectio, motus proiectorum s. proiectilium, projection, jet, mouvement des projectiles ou des corps projettés). Wenn ein bewegter Körper während seiner Bewegung durch eine stetig nach parallelen Richtungen wirkende Kraft von seiner Richtung abgelenkt wird, so muß er eine krumme Linie durchlaufen. M. s. Bewegung, krummlinige, ungleichförmig beschleunigte, zusammengesetzte. So wird (fig. 50.) ein schwerer Körper auf der Oberfläche der Erde a nach der schiefen Richtung age getrieben, an allen Stellen seines Weges von der Schwere nach den parallelen Richtungen ghk, edc u. s. abwärts gezogen, folglich von der geraden Linie age abgelenkt, und in der krummen Bahn adb fortbewegt. Hierbey heißt die Kraft, welche dem Körper bey

bey a durch die Hand eines Menschen, durchs Abfeuern eines Geschützes u. f. eingedrückt wird, der **Wurf**, und die Bewegung in der Bahn adb, welche aus der Verbindung des Wurfs mit der Wirkung der Schwere entsteht, die **Wurfbewegung.**

Wenn ein Körper (fig. 51.) bey d in horizontaler Richtung dk mit der Geschwindigkeit γ geworfen, oder durch irgend eine Art fortgetrieben wird. Mit dieser Geschwindigkeit wird er in der Zeit t einen Weg $dh = fg = t\gamma$ zurückgelegt haben. In eben dieser Zeit aber hat ihn die Schwere durch den Raum $df = gt^2$ herabgetrieben. M. f. **Fall der Körper.** Folglich befindet er sich am Ende der Zeit t in einem Punkte g, für welchen $dh^2 = \gamma^2 t^2$, und $hg = df = gt^2$, mithin allemahl

$$fg^2 = \frac{\gamma^2}{g} . df;\ lm^2 = \frac{\gamma^2}{g} . dl \text{ u. f.}$$

ist. Dieß ist die Gleichung für eine Parabel, deren rechtwinkelige Coordinaten df, fg; dl, lm u. f. aus dem Scheitelpunkte d auf der Achse dn genommen sind, und deren Parameter $= \frac{\gamma^2}{g}$ ist; mithin liegen alle Stellen, durch welche der Körper geht, in einer solchen parabolischen Bahn dgmo.

In der Experimentalphysik pflegt man dieß durch eigene Versuche zu bestätigen, wozu die so genannten **parabolischen Maschinen** gebraucht werden, wovon s'Gravesande *) eine beschreibt. Es wird nähmlich ein Bret acnd am obern Theile nach der Gestalt einer beliebigen krummen Linie abd ausgeschnitten, und mit Elfenbein oder einer andern wohl geglätteten Materie ausgelegt, um die Friktion so viel als möglich zu vermeiden. Diese Krümmung muß aber am Ende d völlig horizontal ausgehen. Wenn nun ein schwerer,

*) Physic. elem. mathemat. Lugd. Batav. 1725. 4. Tom. I. c. 20. Tab. XIII.

rer, kleiner, runder Körper von a aus in dem krummen Kanale herabrollt, so wird er bey d eine horizontale Richtung d k, und bey d eine solche Geschwindigkeit erhalten haben, welche der lothrechten Höhe seines Falles a e zugehört. M. s. **Fall der Körper.** Stellt man alsdann an die Seite d n ein anderes rechtwinkeliges Bret d n o k, auf welchem die halbe Parabel vom Scheitel d, nähmlich d g m o, und vom Parameter 4 a e gezeichnet ist, so wird die herabrollende Kugel von d aus den Weg nehmen, den diese Parabel vorzeichnet, und wenn man bey g, m, o Ringe anbringt, so wird sie durch selbige hindurch gehen.

Nimmt man auf der Seite d k, welche wagrecht liegt, λh, h i, i k gleich groß an, so werden die Linien h g, i m, k o wie 1, 4, 9 wachsen; und wenn d n = a e genommen wird, so wird vermöge der Natur der Parabel n o = 2 a e seyn. Daher werden die Abtheilungen d h = h i = $\frac{2}{3}$ a e; d f = $\frac{1}{9}$ a e; d l = $\frac{4}{9}$ a e, woraus sich die Punkte h, m leicht ergeben. Der Erfolg von diesem Versuche wird freylich wegen des Widerstandes der Luft in etwas abgeändert, daher man die Ringe bey g, m, o etwas weit, die Kugel hingegen klein und schwer machen muß.

Die Zeit t, in welcher der parabolische Bogen d g zurückgelegt wird, ist $= \frac{\sqrt{dl}}{g}$, und für die Geschwindigkeit v an der Stelle g findet man aus der Formel $v\,dt = d\,s$ nach gehöriger Berechnung

$$v^2 = \gamma^2 + 4g \cdot df.$$

Wenn dagegen ein Körper (fig. 50.) aus der Stelle a nicht in horizontaler Richtung a b, sondern vielmehr in der schiefen a e, welche mit dem Horizonte a b den Winkel e a b = α macht, und mit der anfänglichen Geschwindigkeit = c geworfen wird; so läßt sich diese Geschwindigkeit in eine horizontale nach a k und in eine vertikale nach k g zerlegen. Die erstere ist = c . cos. α und die andere = c . sin. α. M. s. **Zerlegung der Kräfte und Bewegungen.** Auf jene

jene wirkt die Schwere nicht, mithin bleibt sie ungeändert, und der Körper wird in der Zeit t, in welcher er mit der Geschwindigkeit c nach g gelangt seyn würde, horizontal eben so weit fortgegangen seyn, als wenn die Schwere gar nicht gewirkt hätte, d. h. er wird sich am Ende der Zeit, in der Vertikallinie gk befinden, wo $ak = c . cos. \alpha . t$ ist. Allein die Schwere wirkt der vertikalen Bewegung $kg = c . sin. \alpha . t$ gerade entgegen, und verursacht also, daß der Körper am Ende der Zeit t nicht in g, sondern etwas tiefer in h ist, nähmlich um so viel tiefer, als der Raum $gh = gt^2$ erfordert, durch welchen die Schwere den Körper während der Zeit t niedertreibt. So hat man für die Stelle h am Ende der Zeit t

$$ak = c . cos. \alpha . t$$
$$kh = kg - hg = c . sin. \alpha . t - gt^2.$$

Für die Stelle b, wo der geworfene, wo der Körper den horizontalen Boden ab, oder überhaupt die Horizontalebene durch a wieder erreicht, wird $kh = 0$, mithin $c . sin. \alpha = gt$, und $t = \frac{c . sin. \alpha}{g}$. Setzt man diesen Werth für t in die Formel ak, welches sich für die Stelle b in ab verwandelt, so erhält man die Weite des Wurfs

$$ab = \frac{c^2 . sin. \alpha . cos. \alpha}{g} = \frac{c^2 . sin. 2\alpha}{2g}.$$

M. s. Weite des Wurfs.

Für die Stelle d, wo der Körper die größte Höhe über dem Horizonte erreicht, oder wo kh ein Größtes wird, muß $dkh = c . sin. \alpha . dt - 2gtdt = 0$ seyn; und $t = \frac{c . sin. \alpha}{2g}$, oder halb so groß, als für die Stelle b. Dieß in die Formel für ak gesetzt, gibt $ac = \frac{1}{2} ab$; und in der Formel für kh, welches sich durch diese Substitution in cd verwandelt,

$$cd = \frac{c^2 . sin. \alpha^2}{2g} - \frac{c^2 . sin. \alpha^2}{4g} = \frac{c^2 . sin. \alpha^2}{4g}.$$

Auch hier ist der Weg, welchen der geworfene Körper durchläuft, eine Parabel, deren Parameter $= 4c \,.\, \text{cos.}\,\alpha^2$, wenn α der Erhöhungswinkel des Wurfs, und c die der ersten Geschwindigkeit zugehörige Höhe ist. Will man diese Parabel auf ihren vertikalen durch a gehenden Durchmesser beziehen, z. B. daß für die Stelle h, die Abscisse $gh = gt^2$, die halbe Ordinate $= ag = ct$ wird, so fällt die Gleichung eben so aus, wie beym horizontalen Wurfe, und es wird der zu diesem Durchmesser gehörige Parameter $= \frac{c^2}{g}$.

Wenn man aber diese krumme Linie lieber auf rechtwinkelige Coordinaten bringen, und die Abscissen dp vom höchsten Punkte d anfangen lassen will, so wird

$$dp = dc - kh = \frac{c^2 \,.\, \text{sin.}\,\alpha^2}{4g} - c \,.\, \text{sin.}\,\alpha \,.\, t + gt^2$$

$$ph = ac - ak = \frac{c^2 \,.\, \text{sin.}\,\alpha \,.\, \text{cos.}\,\alpha}{2g} - c \,.\, \text{cos.}\,\alpha\, t$$

$$ph^2 = \frac{c^4 . \text{sin.}\alpha^2 . \text{cos.}\alpha^2}{4g^2} - \frac{c^3 . \text{sin.}\alpha . \text{cos.}\alpha^2}{g} + c.^2 \text{cos.}\alpha^2 . t^2$$

$$\text{also } ph^2 = \frac{c^2 \,.\, \text{cos.}\,\alpha^2}{g} \,.\, dp.$$

Dieß ist aber eine Gleichung für die Parabel, welche d zum Scheitelpunkt, und $\frac{c^2 \,.\, \text{cos.}\,\alpha^2}{g}$ zum Parameter hat. Daher wird beym schiefen Wurfe dieselbe Parabel beschrieben, deren Hälfte db beym horizontalen Wurfe aus d mit der Geschwindigkeit $\gamma = c \,.\, \text{cos.}\,\alpha$ würde beschrieben worden seyn, und welche nach dem vorigen die vierfache der Geschwindigkeit $c \,.\, \text{cos.}\,\alpha$ zugehörige Höhe zum Parameter hat.

Der Brennpunkt f dieser Parabel steht vom Scheitel d um den vierten Theil des Parameters ab, folglich ist df der Höhe selbst gleich, welche der Geschwindigkeit γ oder $c \,.\, \text{cos.}\,\alpha$ zugehört.

Die

Die Zeit t, in welcher das Stück ah der parabolischen Bahn zurückgelegt wird, ist $= \frac{ag}{c} = \frac{ak \,.\, \sec.\alpha}{c}$, und verhält sich daher wie ak, so daß der geworfene Körper in gleichen Zeiten gleich weiten horizontalen Fortgang hat, weil nähmlich seine horizontale Geschwindigkeit $c \,.\, \cos.\alpha$ allenthalben ungeändert bleibt. Die ganze Zeit durch adb ist $= \frac{ab \,.\, \sec.\alpha}{c} = \frac{c \,.\, \sin.\alpha}{g}$, wie schon oben gefunden worden.

Die Geschwindigkeit v an der Stelle h ist aus der horizontalen Geschwindigkeit $c.\cos.\alpha$, und der vertikalen $c.\sin.\alpha - 2gt$ zusammengesetzt. Mithin ist ihr Quadrat

$$v^2 = c^2.\cos.\alpha^2 + c^2.\sin.\alpha^2 - 4gc.\sin.\alpha.t + 4g^2t^2$$
$$= c^2.\cos.\alpha^2 + 4g.dp,$$

und die ihr zugehörige Höhe

$$= \frac{c^2 \,.\, \cos.\alpha^2}{4g} + dp = df + dp.$$

Nach der Natur der Parabel ist aller Mahl $df + dp = fh$. Daher ist für jede Stelle h die aus dem Brennpunkte dahin gezogene Linie fh der Höhe gleich, welche der Geschwindigkeit des Körpers in h zugehört. So ist af die Höhe, welche der anfänglichen Geschwindigkeit c zugehört, und weil $af = fb$, so sind die Geschwindigkeiten in a und b gleich, oder der geworfene Körper erreicht den horizontalen Boden wieder mit der nähmlichen Geschwindigkeit, mit welcher er anfänglich ausging.

Die Tangente des Winkels qhp, welchen die Richtung der Bahn bey h mit der Horizontallinie hp macht, ist $= \frac{pq}{ph}$, oder gleich der Subtangente der Parabel pq durch die halbe Ordinate ph dividirt. Nun ist aus der Natur der Parabel die Subtangente pq der doppelten Absciſſe dp gleich, mithin

$$\text{tang. } qhp^2 = \frac{4dp^2}{ph^2} = \frac{4g \,.\, dp^2}{c^2.\cos.\alpha^2.dp} = \frac{4g \,.\, dp}{c^2 \,.\, \cos.\alpha^2}.$$

 Das

Das Quadrat dieser Tangente verhält sich also, wie d p, oder die Tangente selbst, wie $\sqrt{dp}$. Daher verschwindet sie für diese Stelle d, wo d p = o, und hier fällt die Richtung der Bahn in die Horizontallinie selbst; dagegen für Stellen, wie h, i, welche zu einerley d p gehören, sind die Winkel der Bahn mit dem Horizonte gleich groß, und weil auch a und b solche Stellen sind, so trifft der Körper den Boden in b wiederum unter eben dem Winkel α, unter welchem er bey a von demselben ausging.

Wenn bey zwey Würfen die Erhöhungswinkel gleich, die anfänglichen Geschwindigkeiten aber verschieden sind, so verhalten sich die Weiten, die größten Höhen und die Parameter der Würfe, wie die Quadrate der Geschwindigkeiten, oder wie die ihnen zugehörigen Höhen; die Zeiten aber, während welchen die Bahn zurückgelegt wird, wie die Geschwindigkeiten selbst.

Wenn hingegen bey zwey Würfen die anfänglichen Geschwindigkeiten gleich sind, die Winkel aber verschieden, so verhalten sich die Weiten der Würfe, wie die Sinus der doppelten Winkel: ihre größten Höhen, wie die Quadrate der Sinus, und ihre Parameter, wie die Quadrate der Cosinus beyder Winkel; die Zeiten, in welchen die Bahn zurückgelegt wird, wie die Sinus; die Geschwindigkeiten im Scheitel, wie die Cosinus derselben.

Beträgt der Winkel $\alpha = 45°$, so wird die Weite des Wurfs $ab = \frac{c^2}{2g}$, die größte Höhe $dc = \frac{c^2}{8g}$; der Parameter $= \frac{c^2}{2g}$, mithin der Weite a b gleich; der Brennpunkt f fällt alsdann in die Linie a b selbst, oder in c, und die Zeit, in welcher a d b durchlaufen wird, ist $= \sqrt{\frac{1}{2}}\frac{c}{g}$.

Wenn bey einem von zwey Würfen der Winkel α eben so viel über 45°, als beym andern unter dieser Größe ist, so ergänzen beyde Winkel einander zu 90°, und ihre Doppelten einander

einander zu 180°. Daher haben die Doppelten einerley Sinus; und der Sinus des einen ist dem Cosinus des andern gleich. Sind demnach die anfänglichen Geschwindigkeiten bey beyden Würfen dieselben, so sind die Weiten der Würfe gleich, und die größte Höhe des einen ist ein Viertel vom Parameter des andern, z. B. für den Wurf für $\alpha = 30°$, ist $dc = \frac{c^2}{16g}$; der Parameter $= \frac{3c^2}{4g}$; für den von 60° $= \alpha$, $dc = \frac{3c^2}{16g}$, der Parameter $= \frac{c^2}{4g}$ u. s. w.

Diese Sätze nebst noch andern mit den darauf sich gründenden Aufgaben machen die parabolische Theorie der Ballistik aus, von welcher die nöthigsten historischen Nachrichten unter dem Artikel: Ballistik, vorkommen. Bey dieser Theorie ist aber der Widerstand der Luft noch nicht in Betrachtung gezogen worden, welcher die Resultate, besonders bey sehr schnellen Bewegungen, weit mehr abändert, als man sonst glaubte, so daß sie beym praktischen Gebrauche der Artillerie gar nicht mehr zureichend ist.

Z.

Zähigkeit (ductilitas, ductilité) heißt die Eigenschaft solcher Körper, deren Theile sich durch eine äußere Gewalt merklich verschieben lassen, ohne ihren Zusammenhang ganz dadurch zu verlieren. Gewöhnlich nimmt man den Ausdruck Zähigkeit mit Dehnbarkeit, Streckbarkeit einerley, obgleich letztere Worte mehr bey festen, und Zähigkeit vorzüglich bey solchen Körpern gebraucht werden, welche weich sind, und sich mehr der Natur der flüssigen nähern. So nennt man Harze, dickflüssige Oehle, geschmolzenes Wachs, Syruppe, Butter u. dgl. zähe Materien. Uebrigens sind die Grade der Zähigkeit der Körper unendlich verschieden, so daß zähe Körper sich mehr den flüssigen, andere hingegen mehr den festen nähern. Ueberhaupt gibt es wohl keine Materie, welche nicht in einem gewissen Sinne zähe wäre, d. h., daß

 sich

sich ihre Theile in einem gewissen Grade an einander verschieben lassen, ohne zu zerreißen. Im gemeinen Leben nennt man aber besonders diejenigen Materien zähe, deren Theile sich beträchtlich an einander verschieben lassen, ohne daß sie von einander getrennt werden, wie z. B. Butter, geschmolzenes Siegellack, Wachs u. dgl.

Zahl, güldene s. Cykel, Kalender.

Zauberbrunnen, intermittirender Brunnen (fons intermittens *Kircheri*, fontaine intermittente, fontaine de commandement) ist ein kleiner Springbrunnen, welcher abwechselnd Wasser gibt, und darauf wieder eine Zeit lang aussetzt. Gewöhnlich ist die Einrichtung folgende: In das luftdichte Gefäß (fig. 52.) e c l d, an welchem bey l einige Ausgußröhren mit engen Oeffnungen sich befinden, ist die Röhre b a so eingelöthet, daß sie mit der Oeffnung a beynahe bis an den Knopf e des Gefäßes reicht. Die Röhre b a darf im Lichten nicht über 3 Linien Weite betragen, und endigt sich unten in die auf das Bassin f i h g aufgelöthete Dülle k. Diese Dülle so wohl, als auch die Röhre e b besitzen unten einen Ausschnitt durch welchen, so lange er offen bleibt, die äußere Luft eintreten und durch a b in das obere Gefäß gelangen kann. Mitten im Bassin und im Innern der Dülle k befindet sich ein kleines Loch, von etwa 2 Linien im Durchmesser, dessen Fläche alle Zeit weniger, als die Summe aller Oeffnungen der Ausgußröhren bey l, betragen muß. Unter dem Bassin ist noch ein Gefäß m, welches am obern Theile ein kleines Loch besitzt, durch welches die Luft ausweichen kann.

Wenn man nun das Gefäß e d l c durch die Oeffnung der Röhre bey b in umgekehrter Lage mit Wasser anfüllt, und dann es wieder so, wie es die Figur andeutet, stellt, so läuft Wasser aus den Ausgußröhren bey l heraus, fällt in das Bassin f g i h, und läuft, so viel es die Oeffnung k verstattet, in das Gefäß m ab. Dagegen tritt durch den offenen Einschnitt bey b die äußere Luft ein, steigt durch b a auf, und setzt sich am obern Theile des Gefäßes e d l c in

den

den Raum, welchen das Wasser verlassen hat. Weil aber das Loch k kleiner ist, als die Summe der Oeffnungen der Ausgußröhren bey l, so kann durch k nicht so viel Wasser ablaufen, als ins Bassin ausgegossen wird. Wenn also das Wasser eine Zeit lang ausgeströmt ist, so sammelt es sich in i h g f an, und versetzt endlich den Ausschnitt bey b so, daß keine äußere Luft durch selbigen mehr eintreten kann. So bald also dieser Zugang der Luft verschlossen ist, hören die Ausgußröhren bald auf, Wasser zu geben. Etwas läuft zwar noch heraus, weil aber dadurch ein Raum entsteht, welchen keine neue eintretende Luft ersetzen kann, so wird die Luft im Raume bey a verdünnt, drückt daher nicht mehr so stark die Oberfläche des Wassers im Gefäße e d l c, als die Atmosphäre bey l auf die Oeffnungen der Ausgußröhren entgegendrückt. Kömmt es hiermit so weit, daß die Elasticität bey a verbunden mit dem Drucke der Wassersäule über l gerade dem Drucke der Atmosphäre gleich wird, so hört nun das Auslaufen des Wassers durch die Röhren bey l auf. Da aber das Ablaufen des Wassers aus dem Bassin in das Gefäß beständig fortdauert, und jetzt kein neues Wasser hinzukommt, so öffnet sich endlich der Zugang bey b aufs neue, und das Wasser fängt wieder an auszulaufen, bis die Oeffnung k durchs angesammelte Wasser im Bassin wieder verschlossen ist, u. s. w.

Da man hierdurch sehr leicht bemerken kann, wenn das Wasser zu fließen aufhört und dann wieder anfängt, so steht es gleichsam dem Experimentator in seiner Gewalt, zu befehlen, wenn das Wasser laufen und aufhören soll. Daher hat diese Vorrichtung den Nahmen Zauberbrunnen erhalten.

Wolf beschreibt eine Einrichtung, bey welcher das Gefäß e d l c eine etwas breite Grundfläche erhält, die statt der Gußröhren mit kleinen Löchern versehen ist. Durch diese Röhren fällt das Wasser wie ein Regen herab, so lange bey f äußere Luft eindringen kann. Nach eben diesen Grundsätzen hat Wolf eine Lampe angegeben, welche aus einem

Gefäße dem Dachte nur so lange Oehl zufließen läßt, bis
dieses eine gewisse Höhe erreicht, alsdann aber durch Be-
setzung eines Lochs den äußern Zugang der Luft zum Oehl
im Gefäße verschließt, und so das fernere Abfließen hindert,
bis das Oehl durch Verbrennung wieder niedriger zu stehen
kommt, und das Loch wieder frey wird.

Auf diesen nähmlichen Gründen beruhet die Einrichtung
der Tintenfässer, welche aus einem eingeschlossenen Behält-
nisse gerade nur so viel Tinte hergeben, als zum Eintunken
der Feder hinreichend ist; so wie auch die Structur der Ta-
schenschreibfedern, die nicht mehr Tinte als nöthig ist, in
den Schnabel herablassen u. dgl.

Wolf beschreibt noch eine andere Art von intermitti-
renden Brunnen, wo der Zufluß in ein Bassin schwächer
als der Abfluß ist, und letzterer durch einen Heber bewirkt
wird. Wenn der Zufluß den Heber ganz gefüllt hat, so
fängt dieser zu laufen an, und leert das ganze Bassin aus.
Hierauf tritt Luft in den Heber, und der Abfluß hört so
lange auf, bis der Heber durch den Zufluß wieder gefüllt ist.
Auf diese Weise sucht man die in der Natur vorkommenden
unterbrochenen Quellen zu erklären. M. s. Quellen.

M. s. *Wolfii* elementa matheseos vniuersae. Elementa
hydraul. probl. 36. 37. §. 150. 152.

Zaubergemählde, Franklin's, (tabula magica s.
pictura magica Franklini, tableau magique). Unter die-
sem Nahmen beschreibt Franklin a) eine belegte Glastafel,
welche mit Elektricität geladen demjenigen, der sie berührt,
einen heftigen Schlag gibt, mit gehöriger Vorsicht aber ohne
Schlag sich berühren läßt, und so ein elektrisches Spielwerk
abgibt.

Der Erfinder hiervon ist nach Franklin's eigenem Be-
richte Kinnersly. Herr Franklin hat diesen Versuch
etwas undeutlich beschrieben, daher hat ihn Herr Gehler in
der

a) New experim. and obferv. on electricity. Lond. 1751. 4. übers.
von Wilke unter d. Titel: Briefe von der Elektricität. Leipz.
1758. 8. S. 37.

Uebersetzung von Cavallo's Lehre der Elektricität nach Wilke'ns Vorschlägen etwas deutlicher darzustellen gesucht.

Man nimmt nähmlich einen Kupferstich, schneidet das Brustbild heraus, vergoldet dessen hintere Seite, und klebt es mit dünnem Gummiwasser auf eine Glastafel so, daß die Vergoldung ans Glas kömmt, und eine Belegung desselben abgibt. Auf die andere Seite der Glastafel klebt man den übrigen Theil des Kupferstichs so auf, daß dessen rechte oder vordere Seite ans Glas kömmt, damit, von vorn gesehen, das ganze Bild in seiner gehörigen Lage erscheine, obgleich das Brustbild vor dem Glase, und der übrige Theil des Kupferstichs hinter demselben ist. Die hintere Seite der Glastafel und des darauf geklebten Papiers überzieht man nun mit Goldblättchen, läßt aber den obern Theil frey. Zuletzt faßt man das ganze Bild am obern nicht vergoldeten Theile an, und setzt eine kleine bewegliche, auf beyden Seiten vergoldete Krone auf das Haupt des Königs.

Wird nun diese auf beyden Seiten belegte Glastafel mäßig geladen, und einer Person so in die Hand gegeben, daß sie die hintere Vergoldung berührt, so wird diese Person, wenn sie es wagt, die Krone abzunehmen oder nur anzutasten, einen starken Schlag bekommen. Der Experimentator hingegen, der das Bild jeder Zeit am obern nicht vergoldeten Theile anfaßt, wird die Krone, ohne einen Schlag zu erhalten, anfassen können.

Dieser Versuch erhält von Franklin den Nahmen der Verschwörung, wenn der Schlag durch mehrere Personen geleitet wird, die einander bey den Händen fassen, und von welchen die beyden äußersten die eine die Glastafel die andere die Krone berühren.

Man muß sich hierbey hüthen, die Tafel anders, als sehr schwach zu laden. Eine solche Tafel äußert, stark geladen, allzu heftige Wirkungen. Man kann damit ein Loch durch ein ganzes Papier schlagen, wenn dasselbe in Verbindung zwischen beyde Seiten gebracht wird.

M. s.

M. s. Tiber. Cavallo vollst. Abhandl. der Lehre von der Elektricität; a. d. Engl. B. I. Leipz. 1797. S. 236.

Zauberkunst, natürliche s. Magie, natürliche.

Zauberlaterne (laterna magica, lucerna thaumaturga, megalographica, laterne magique) ein optisches Werkzeug, das kleine auf Glas gemahlte Figuren im Dunkeln vergrößert an einer Wand oder an einem Schirme darzustellen dient.

Die ganze Einrichtung dieses Werkzeuges gründet sich auf die Eigenschaft der Linsengläser, Bilder von Objekten, welche um etwas mehr, als ihre Brennweite, entfernt sind, deutlich darzustellen. M. s. Linsengläser. Statt eines einzigen Linsenglases hat man es vortheilhafter gefunden, deren zwey zu nehmen, welche in eine verschlossene Laterne gesetzt werden. Das erste Linsenglas schickt die Strahlen so auf das zweyte, als ob sie von einer entlegenern Sache herkämen, als es das Gemählde in der That ist, woraus der Vortheil entspringt, daß man das Gemählde näher, als sonst, an das erste Glas rücken, und folglich die Länge des Werkzeuges abkürzen kann. Auch wird gewöhnlich wegen der starken Erleuchtung des Bildes auf die Rückwand der Laterne ein Hohlspiegel angebracht, in dessen Brennpunkte eine brennende Lampe sich befindet. Um mit den Bildern abwechseln zu können, werden mehrere derselben neben einander in hölzerne Schieber gefaßt, welche man in einem quer durch die Seitenwände der Laterne durchgehenden Falz einschieben, und eins nach dem andern gerade vor dem Spiegel und die Flamme bringen kann. An der Vorderseite der Laterne befindet sich eine Röhre mit dem einen convexen Linsenglase, und eine zweyte Röhre mit dem andern Linsenglase läßt sich in der erstern verschieben, um das Bild auf der Wand in jeder beliebigen Entfernung entwerfen zu können.

Ein jeder Punkt des erleuchteten Gemähldes wirft Licht auf das erste Glas, das durch dieß und das zweyte hindurch geht, und sich in einer bestimmten Entfernung hinter dem zweyten Glase wieder in einen Punkt vereiniget. Befindet sich

sich nun an der Stelle der Vereinigung eine Wand, oder sonst etwas, was die Strahlen auffängt, so wird ein deutliches, aber verkehrtes Bild des Gemähldes daselbst entworfen; eben dieserwegen werden die Gemählde verkehrt eingeschoben, damit man auf der Wand aufrechte Bilder erhalte.

Dieses optische Werkzeug ist eine Erfindung vom **Kircher**. In der ersten Ausgabe seines optischen Werkes α) gibt er hiervon noch keine Abbildung, sondern sagt bloß, daß man auf einen Hohlspiegel ein Gemählde bringen, und dessen Abbildung, vermittelst eines davor gestellten Lichtes und Glases, auf eine Wand in einem dunkeln Zimmer werfen könne, wovon er sich viel zur Bekehrung der Gottlosen verspricht, wenn man ihnen zur rechten Zeit den Teufel vorstellte. In der zweyten Ausgabe aber vom Jahre 1671. Fol. p. 768 und p. 769. findet man die Beschreibung der eigentlichen Zauberlaterne mit den dazu gehörigen Zeichnungen, aus welchen man zugleich ersiehet, daß er schon die noch jetzt gewöhnlichen Schieber mit Glasgemählden gebraucht hat.

Ozanam β) führt an, schon **Roger Baco** habe die Zauberlaterne gekannt, und eine Beschreibung derselben komme beym **Schwenter** γ) vor. Allein beydes ist irrig; **Schwenter** redet nur von einem Hohlspiegel, welcher das Licht ungeschwächt in große Entfernungen bringt, und eine Schrift daselbst lesbar macht.

Vom Gebrauche dieser Laterne zu allerhand Kunststücken redet schon der **P. Zahn** δ) sehr umständlich, und gibt hierzu eine Menge von Abbildungen. Auch **Hertel** ε), **Doppelmayr** ζ) und vorzüglich **s'Gravesande** η) handeln davon, und letzterer bemerkt besonders, daß dieses optische Werkzeug von den Optikern noch nicht zur gehörigen Vollkommenheit gebracht sey.

Nach

α) Ars magna lucis et umbrae. Rom. 1646. Fol. p. 915.
β) Recréations mathem. Tom. III. p. 247.
γ) Mathemat. Erquickstunden. Nürnb. 1651. 4. VI. Th. 21ste Aufg.
δ) Oculus artific. teledioptr. Norimb. 1702. Fol. p. 726 sqq.
ε) Vom Glasschleifen. Th. II. Cap. 6.
ζ) Weitere Eröffnung der Bionschen mathemat. Werkschule. S. 47.
η) Phys. elem. mathem. Vol. II. p. 873.

Nach der Zeit hat man auch gesucht, bewegliche Bilder darzustellen. Zu dieser Absicht werden diejenigen Theile, welche bewegt werden sollen, auf besondere Glasscheiben gemahlt, und wie es nöthig ist, bewegt. Nach Herrn Kästner's Nachricht hat hierzu der Prof. Ehrenberger zu Coburg Anleitung gegeben. Den Apparat beschreiben auch Nollet und Brisson.

Sonst lassen sich noch mit der Zauberlaterne eine Menge belustigender Versuche machen, welche täuschend sind, und den gemeinen Mann, der hiervon keine Kenntnisse besitzt, auf die Gedanken von Zaubereyen bringen.

Vorzüglich merkwürdig ist aber die Zauberlaterne in der Physik dieserwegen, weil sie Veranlassung zur Erfindung des Sonnenmikroskops gab; auch sind beyde wirklich nicht wesentlich von einander verschieden, indem beym Sonnenmikroskope bloß Sonnenlicht, statt des Lampenlichts, gebraucht wird. Schon Wolf [α]) äußerte den Gedanken, daß man die Zauberlaterne als ein Vergrößerungswerkzeug gebrauchen könne. Denn, sagt er, die Materien, welche man im Kleinen betrachtet, sind gemeiniglich durchsichtig. So gut nun das Licht bey den gewöhnlichen Vergrößerungsgläsern durch sie durchfallen kann, daß sie dadurch gar wohl zu erkennen sind, so gut kann es auch in der Zauberlaterne durchfallen. Was aber daselbst das Licht durchfallen läßt, das wird an der Wand groß abgemahlt. Man könnte demnach aus diesem Grunde eine neue Art eines Vergrößerungsglases verfertigen, das in einigen Fällen nicht geringe Dienste leisten würde. Das vom ältern Adams erfundene Lampenmikroskop, welches auch zu undurchsichtigen Gegenständen gebraucht werden kann, ist, da es durch Spiegel und Lampe erleuchtet wird, ganz eigentlich zu den Zauberlaternen zu rechnen.

Euler [β]) hat bereits eine Art angegeben, undurchsichtige Gegenstände, welche von der Vorderseite erleuchtet werden

α) Nützliche Versuche, Th. III. Cap. 8. §. 114.

β) Emendatio laternae magicae et microscopii solaris, in nov. comment. Petropol. Tom. III. p. 363.

den müssen, durch die Zauberlaterne abzubilden. Er stellt einen Hohlspiegel, welcher in der Mitte ein Loch besitzt, wie bey den Spiegelteleskopen, vor den Gegenstand, und mehrere Lichter zwischen beyde so, daß der Spiegel die Erleuchtung auf den Gegenstand wirft, dessen Punkte die Strahlen durch das Loch des Spiegels auf die Gläser senden. Es müssen aber die Lichter nahe an der Fläche des Spiegels, und nicht vor dem Loche stehen, damit von ihnen keine gerade Strahlen durch das Loch auf die Gläser fallen, weil sonst die Lichtflammen umgekehrt mit abgebildet würden. Nach Euler's Vorschlage erfordern größere Gegenstände auch größere, nach andern Verhältnissen erbauete, Werkzeuge, daher er vier Sorten derselben für Objekte von 6 Fuß, 1 Fuß, 2 Zoll und 2 Linien zu verfertigen anräth.

M. s. Fischer's Geschichte der Physik. Th. II. Götting. 1802. 8. Abschn. II. Kap. I. Th. III. Abschn. II. Kap. I.

Zauberperspektiv, magisches Perspektiv (tubus magicus, telescopium magicum, lunette magique) eine optische Einrichtung, durch welche man Gegenstände so betrachten kann, als ob man sie durch undurchsichtige Körper sehe.

In einem hohlen Kästchen (fig. 53.) bdgi befinden sich inwendig vier Planspiegel bc, de, fg, hi, so daß ihre Flächen gegen den Horizont unter Winkeln von 45° sich neigen, welche folglich unter sich parallel sind, und gegen einander die Spiegelflächen zukehren. Bey a und k sind kleine offene Röhren angesetzt, in deren eine das Auge o hineinsehen, und in die andere das Licht von einem in der Achse derselben liegenden Gegenstande n einfallen kann. Aehnliche Röhren, aber bloß der Täuschung wegen, befinden sich bey l und m, damit es scheinen soll, als sähe man bey a den Gegenstand n durch die beyden in gerader Linie liegenden Röhren al und mk. Auch kann man noch die Oeffnung l und m durch ein Zwischenrohr lm in Verbindung bringen, welches sich aber wegnehmen läßt. Auf solche Art scheint es, als ob das Auge o den Gegenstand n durch das einzige offene

offene Rohr ai betrachtete. Das Auge wird zwar den Gegenstand in der Achse ak in seiner natürlichen Größe und Gestalt erblicken, aber nicht gerade, sondern vermittelst des in den Spiegeln reflektirten Lichtes. Der einfallende Strahl nk fällt nähmlich auf den Spiegel hi, wird vermöge der Lage des Spiegels senkrecht herab auf den Spiegel fg, von diesem horizontal auf den dritten Spiegel de, und von hier senkrecht herauf auf den vierten ab, und endlich von diesem in horizontaler Richtung ins Auge reflektirt. Der Beobachter sieht also den Gegenstand n durch die Spiegel, welche ihm verborgen sind, indem er durch die Röhre ak gerade durch zu sehen glaubt. Nimmt man also das Stück lm hinweg, und bringt an dessen Stelle einen undurchsichtigen Körper, z. B. ein Bret, so sieht er noch immer den Gegenstand n, und es kommt ihm vor, als wenn er durch den undurchsichtigen Körper hindurchsehe.

Dieses optische Spielwerk ist eigentlich aus zwey Polemoskopen zusammengesetzt. M. s. Polemoskop.

Vorschläge, mehrere Spiegel so zu stellen, daß man darin sehen kann, was an Orten vorgeht, von welchen man durch eine Mauer u. dgl. abgesondert ist, finden sich schon beym Roger Baco, Porta u. a.

Zaubertrichter, Taschenspielertrichter (infundibulum magicum, entonnoir magique) ist ein in Gestalt eines Trichters verborgener Stechheber. Herr Lowitz erwähnt desselben in der Versammlung der Versuche, wodurch sich die Eigenschaften der Luft begreiflich machen, hinten im Anhange n. 10., ohne davon eine Beschreibung zu geben. Seine Einrichtung und der Gebrauch ist folgender: äußerlich sieht der Trichter (fig. 54.) abfcd wie jeder andere aus, aber das oberste konische Stück abcd ist gedoppelt. Inwendig befindet sich noch der abgekürzte Kegel aed, welcher mit dem andern abcd an der Peripherie der gemeinschaftlichen Grundfläche ad luftdicht zusammengesetzt ist, und gegen die andere Grundfläche e zu sich enger als der andere zusammenzieht. Das Loch e ist offen, und bfc ist die gewöhnliche

konische

conische Röhre unten am Trichter. Bey d befindet sich der gewöhnliche Ring, um den Trichter daran zu halten, und an eben der Stelle unter dem Ringe bey g ein kleines Loch im Umfange des äußern Kegels abcd.

Diesen Trichter füllt man anfangs mit Wein, indem man die untere Oeffnung f mit dem Finger verschlossen hält; alsdann steigt nach den Gesetzen des Gleichgewichts der Wein auch in den Raum abegc zwischen den beyden abgekürzten Kegeln, die Luft aber tritt durch das kleine Loch g hinaus, welches um deßwillen so lange offen bleiben muß. Nunmehr aber faßt man den Trichter so an, daß man zugleich das Loch g mit dem Daumen verschließt, und läßt den Wein unten zum Loch f herauslaufen: so bleibt doch der Raum abegc mit Wein gefüllt. Ferner läßt man von einer andern Person aufs neue etwas Wasser, nicht völlig so viel als den Raum abgec füllen würde, in den Trichter gießen, indem man die Oeffnung f wieder verschlossen hält. Wenn darauf beyde Löcher f und g zugleich geöffnet werden; so läuft mit dem Wasser zugleich der Wein zum Loch f heraus, und es hat das Ansehen, als wäre das Wasser in Wein verwandelt werden. Damit die Farbe des Weins, wenn er mit Wasser vermischt zum Loche f herausläuft, nicht zu blaß ausfalle kann man rothen Wein wählen.

Zeichen des Thierkreises, Zeichen der Ecliptik, himmlische Zeichen (ligna caelestia, dodecatemoria, signes du zodaique). Hiermit bezeichnet man in der Astronomie die zwölf Theile, in welche man die Ecliptik und den Thierkreis schon im höchsten Alterthume eingetheilt hat. Unter dem Artikel, Ecliptik, sind ihre Nahmen und Bezeichnung angegeben worden. Es sind dieß die Nahmen der Sternbilder, welche ehedem diese zwölf Stellen des Himmels einnahmen, jetzt aber von denselben hinweg und in die nächst folgenden Zeichen gerückt sind, so daß die Sterne des Widders im Zeichen des Stiers, die des Stiers im Zeichen der Zwillinge, die der Zwillinge im Zeichen des Krebses u. s. w. stehen. Man hat also die Sternbilder oder gebildeten Zeichen

chen von den eigentlichen oder ungebildeten Zeichen zu unterscheiden.

Diese Zeichen werden nach derjenigen Richtung gezählt, nach welcher in unserm Sonnensystem alle Umläufe und Umdrehungen der Planeten und Nebenplaneten geschehen. M. s. Folge der Zeichen.

Von den zwölf himmlischen Zeichen liegen die sechs ersten ♈, ♉, ♊, ♋, ♌, ♍, in der nördlichen Hälfte des Himmels, und heißen daher nördliche oder mitternächtliche (signa borealia, septentrionalia, signes septentrionaux), die übrigen sechs: ♎, ♏, ♐, ♑, ♒, ♓, in der südlichen Hälfte heißen südliche, mittägige (signa australia, meridionalia, signes méridionaux).

Auch theilt man die Zeichen in aufsteigende (ascendentia) und in absteigende (descendentia). In dem Laufe durch die aufsteigenden ♑, ♒, ♓, ♈, ♉, ♊ nähert sich die Sonne immer mehr dem bey uns sichtbaren Pole und dem Scheitel unserer Länder; da sie im Gegentheil in den absteigenden: ♋, ♌, ♍, ♎, ♏, ♐, sich wieder von demselben entfernt. Für die Oerter in der südlichen Halbkugel sind diejenigen Zeichen aufsteigend, die für uns absteigend sind, und umgekehrt.

Zeit (tempus, temps). Mit diesem Ausdrucke bezeichnet man einen Begriff, der mit einer Reihe ununterbrochener auf einander folgenden Veränderungen verbunden ist, in welcher es gewisse Stellen gibt, welche einander näher oder entfernter sind, mithin Begriffe von Mehrerem und Minderem Statt finden. Eine jede einzelne Stelle dieser Reihe wird ein Zeitpunkt, ein Moment, ein Augenblick (momentum temporis) genannt; was in einerley Zeitpunkt fällt, heißt gleichzeitig, oder coexistirend (simultaneum); was auf verschiedene Zeitpunkte fällt, succedirend (successiuum); der Abstand oder Zwischenraum zwischen zwey Zeitpunkten, ein Zeitraum (spatium temporis); und die ganze Vorstellung dieser Reihe oder Folge, die Zeit.

Es ist also die Zeit wirklich nichts außer uns Existirendes, sondern bloß eine gewisse Vorstellung, nach welcher wir unsere

Gedan-

Gedanken von auf einander folgenden Dingen ordnen, die wir nach gewissen Verhältnissen bestimmen und abmessen können. So erkennen wir, daß ein Tag kürzer als eine Woche ist, und daß sich jener zu dieser wie 1:7 verhalte.

Bey einer solchen Vergleichung der Zeit legen wir den Begriff vom gleichförmigen Fortgange zum Grunde, d. h., von Veränderungen, welche unaufhörlich auf gleiche Art erfolgen, wie jede gleichförmige Bewegung u. s. f. Solche Veränderungen wachsen also in dem nähmlichen Verhältnisse, wie die Zeiträume, in welchen sie sich ereignet haben. Wenn z. B. ein Körper mit gleichförmiger Bewegung doppelt so vielen Raum durchlaufen hat, so schließen wir, er habe auch doppelt so viele Zeit gebraucht u. s. w.

Ein sehr gleichförmiges Zeitmaß gewährt uns die Natur selbst durch die tägliche Umdrehung unserer Erde, oder, welches einerley ist, durch die tägliche scheinbare Umdrehung der Fixsterne. M. s. Sternzeit. Durch die Dauer oder den Zeitraum einer solchen Umdrehung wird der Sterntag mit seinen Theilen, Stunden, Minuten, Sekunden u. s. bestimmt. Auf solche Art lassen sich alle Zeiträume mit ihren Theilen als Einheiten betrachten, und so sehr leicht unter einander selbst vergleichen.

Hiernach hat der menschliche Fleiß Werkzeuge erfunden, durch welche alle diese gleichen Zeiträume angezeigt werden, und welche **Uhren** heißen. Eine gewisse bestimmte Größe im Fortgange des Zeigers der Uhr heißt eine **Stunde** der Uhr, ihr 60ster Theil eine **Minute**, deren 60ster Theil eine **Sekunde** u. s. f. Auf solche Art werden für jede gleichförmig gehende Uhr Theile der **Uhrzeit** bestimmt, in welchen sich ebenfalls Zeiträume ausdrücken, und mit einander vergleichen lassen.

Im gemeinen Leben hat man doch die Zeit unserer täglichen Geschäfte nach der Bewegung der Sonne abtheilen wollen. Da aber die Bewegung der Sonne nicht gleichförmig ist, so kann sie weder mit der Sternzeit, noch mit der Zeit einer gleichförmig gehenden Uhr genau übereinkommen. In-

zwischen läßt sich eine Sonne vorstellen, welche einen völlig gleichförmigen Gang hat, und hiermit im Ganzen genommen die nähmliche Bewegung vollendete, als die wahre Sonne mit ihrem ungleichförmigen Gange zurücklegt. Auf solche Art erhält man eine mittlere Sonnenzeit, und Theile derselben, welche wiederum dienen können, Zeiträume zu bestimmen und mit einander zu vergleichen. M. s. **Sonnenzeit.**

Die Astronomen verlangen die Zeitmomente, in welchen sich eine Himmelsbegebenheit ereignet, in **wahrer Sonnenzeit**, d. h., es muß das Jahr, der Monath, der Tag der Begebenheit angezeigt, und hinzugesetzt werden, wie viel von dem wahren Mittage dieses Tages an bis zum Augenblicke der Begebenheit, Stunden, Minuten, Sekunden u. s. wahrer Sonnenzeit verflossen sind. Um den ganzen Zeitraum von einer gewissen Epoche bis zur Begebenheit zu bestimmen, darf man alsdann nur die **vollendeten** Jahre und Tage, nicht die **laufenden** Jahre und Tage in Rechnung bringen. Wenn z. B. eine Himmelsbegebenheit im Jahre 1803. den 14. Juni in den Nachmittagsstunden sich ereignete, das fiel 1802 Jahre 164 Tage (31 + 28 + 31 + 30 + 31 + 13) nach dem Anfange der christlichen Zeitrechnung, wozu nun noch die Stunden, Minuten, Sekunden u. s. hinzuzusetzen sind, welche vom wahren Mittage des 14. Juni bis zum Augenblicke der Himmelsbegebenheit verflossen. Hier wären also das Jahr 1803. und der 14. Juni laufende Jahre und Tage.

Die Stunden, Minuten und Sekunden, welche seit dem letzten Mittage verflossen sind, findet man durch die Angabe der Uhr im Augenblicke der Beobachtung. Hierzu wird nun freylich eine Uhr verlangt, die einen vollkommen gleichförmigen Gang hat, sonst kömmt aber nichts darauf an, ob sie Sternzeit oder mittlere Sonnenzeit zeigt. Es läßt sich nähmlich die Angabe der Uhr oder die Uhrzeit auf wahre Sonnenzeit bringen, wenn man nur weiß, was die Uhr den Mittag vor der Beobachtung, und den Mittag nach derselben gewiesen hat, und zugleich versichert ist, daß sie die ganze Zwischenzeit hindurch einen völlig gleichförmigen Gang gehabt

habt hat. Es weise z. B. eine Uhr an einem Mittage

	6 Stund.	14 Min.	6 Sekund.
am folgenden	6 —	17 —	50 —
		3 —	44 —

Hier sind der Uhr ihre 24 Stunden, der Uhrtag um 3 Min. 44 Sekund. kürzer, als der wahre Sonntag, und man setzte also 24 Stunden 3 Minuten 44 Sekund. Uhrzeit = 24 Stunden Sonnenzeit, woraus sich jene Zeit in diese ausdrücken ließ. Gesetzt nun, eine Begebenheit wäre in der Nacht zwischen diesen beyden Mittagen vorgefallen, da die Uhr 3 Stund. 40 Min. 45 Sek. gewiesen hätte; so wäre erst auszumachen, wie lange dieß nach dem ersten Mittage in Uhrzeit gewesen ist. Dieß fände man so: ehe die Uhr so viel Zeit wiese, müßte sie 12 weisen. Die Zeit, die sie den ersten Mittag wies, von 12 Stunden abgezogen, läßt, wie viel von diesem Mittage verfloß, bis sie 12 wies, das ist

	5 Stund.	45 Min.	54 Sekund.
addiret	3 —	40 —	45 —
gibt	9 —	26 —	39 —

für die Zeit vom Mittage bis zu dieser Begebenheit in Theilen des Uhrtages, welche man also nun in wahre Sonnenzeit vermöge der vorhergehenden Verwandlung ausdrückt.

Setzt man den Unterschied von 3 Min. 44 Sek. des Uhrtages und Sonnentages $= \alpha$, so würde

$(86400 + \alpha)$ Uhrzeit $= 86400$ Sonnenzeit.

Nun kann man schließen: wenn $(86400 + \alpha)$ Uhrzeit mit 86400 Sonnenzeit übereinstimmen, so stimmen 9 Stunden 26 Min. 39 Sek. $= 33999$ Sek. oder der in Uhrzeit ausgedruckte Zeitraum überein mit

$$\frac{86400}{86400 + \alpha} \cdot 33999 \text{ Sek. in wahrer Sonnenzeit.}$$

In Beyspielen, wo $\alpha = 224$ Sek. findet sich

$$\frac{86400 \cdot 33999}{86624} = 33910{,}9 \text{ Sek. wahre Sonnenzeit.}$$

 Umstän-

Umständlicher hiervon handelt Herr Kästner *).

Die Zeit, welche die Uhr zu Mittage weiset, findet man entweder aus übereinstimmenden Sonnenhöhen, oder aus dem Durchgange der Sonne durch die Mittagsfläche, in welcher man einen Faden ausspannt, und die Zeit des Antritts des vordern und hintern Sonnenrandes an diesem Faden bemerkt. Der halbe Unterschied beyder Zeitpunkte vom ersten addirt, oder vom letzten abgezogen, gibt die Zeit des Durchganges des Mittelpunktes, d. i., des Mittags. Hat es vielleicht die Witterung nicht verstattet, die Zeit an einem der nächsten Mittage vor und nach der Beobachtung bemerken zu können, so ist es hinreichend, wenn man sie nur an irgend einem der vorhergehenden und in einem der nachfolgenden bemerkt, und die Uhr indessen einen beständig gleichförmigen Gang behalten hat. Man kann die Rechnung so abändern, daß sie auch diesem Falle genug thut. Hieraus wird begreiflich, warum es hinreichend ist, die Uhr nur ungefähr nach einer gewissen Zeit zu stellen, da das Wesentliche bloß auf ihren gleichförmigen Gang ankommt, wobey sie doch die wahre Sonnenzeit, welche man zu wissen verlangt, nicht unmittelbar zeigen könnte.

Zeitbogen s. **Stundenwinkel**.

Zenith, Scheitel, Scheitelpunkt (zenith) heißt in der sphärischen Astronomie derjenige Punkt am Himmel, welcher gerade über dem Haupte des Beobachters steht, und von diesem als der oberste oder höchste Punkt des Himmels angesehen wird. Dieser Punkt ist der Endpunkt der Scheitellinie, welche gehörig verlängert durch den Mittelpunkt der Erde hindurchgeht, und folglich allenthalben auf der Erdfläche senkrecht steht. Daher ist der Scheitelpunkt einer von den Polen des Horizonts, und steht von jedem Punkte dieses Kreises um 90° ab.

Wenn die Erde eine vollkommene Kugel wäre, so würde unser Zenith einerley mit dem Nadir unserer Gegenfüßler seyn.

M. s.

*) Anfangsgründe der Astronomie. §. 99. §. 366. und astronomische Abhandl. Samml. I. Abhandl. III. §. 51.

M. s. Nadir. Weil aber die Erde eine sphäroidische Gestalt hat, so trifft dieß nur für diejenigen Orte zu, welche unter dem Aequator und unter den Polen liegen.

Ein jeder Ort der Erdfläche besitzt sein eigenes Zenith; und wenn zwey Orte in einer Entfernung von einander liegen, so fassen die Zenithe dieser beyden Orte am Himmel zwischen einen Bogen eines größten Kreises, welcher das Maß desjenigen Winkels ist, unter welchen die Scheitellinien oder Richtungen der Schwere beyder Oerter gegen einander geneigt sind. Liegen diese Stellen so nahe, daß man die Richtungen der Schwere an beyden als parallel annehmen kann, oder daß der Bogen, welcher ihren Unterschied mißt, in Vergleichung mit der ganzen Peripherie des größten Kreises unendlich wird, so ist auch der Unterschied ihrer Zenithe unmerklich, und man kann beyden einerley Zenith zuschreiben. So gibt man ganzen Städten nur ein einziges Zenith, wenn ihr Umfang nur einen unendlich kleinen Theil der ganzen Erdfläche ausmacht. Indessen muß man doch bey sehr großen Städten allerdings auf den Unterschied der Zenithe verschiedener Beobachtungsorte Rücksicht nehmen.

Das Zenith einer Stelle auf der Erdfläche wird mit Hülfe des Bleylothes gefunden, nach welchem ein Diopterlineal oder die Achse eines Fernrohrs parallel gestellt werden kann, so daß das Auge auf solche Art gerade die Stelle des Zeniths am Himmel sieht. Unbewegliche Einrichtungen dieser Art dienen, Durchgänge der Sterne durch den Scheitel, oder ihre geringen Entfernungen von demselben zu beobachten.

Die Stelle des Zeniths gehört für einen jeden Ort auf der Erdfläche in die unbewegliche Himmelskugel, und bestimmt seinen Horizont und seinen Mittagskreis; daher auch denjenigen Städten, deren Zenith nur für einen einzigen Punkt angenommen wird, nur ein einziger Horizont und Mittagskreis beygelegt werden kann.

Zerbrechlich (fragile, cassant). Einen festen Körper nennt man zerbrechlich, wenn seine Theile durch Stoß oder Druck leicht vom Ganzen getrennt werden können. Man

muß den Ausdruck zerbrechlich von spröde unterscheiden; denn spröde Körper heißen diejenigen, deren Theile nicht an einander verschoben werden können, ohne zu reißen, oder ihren Zusammenhang zu verlieren. Spröde Körper sind also allemahl zerbrechliche, aber nicht umgekehrt. So läßt sich z. B. ein dünner Stab der Länge nach ausdehnen, so daß folglich seine Theile sich an einander verschieben lassen, ohne zu zerreißen, obgleich er quer durch sehr leicht zerbricht, und als ein zerbrechlicher Körper zu betrachten ist.

Zerlegung, Zersetzung, Scheidung (analysis chymica, disiunctio, analyse, décomposition). Die Trennung eines gleichartigen Ganzen in seine ungleichartigen Bestandtheile, aus welchen es zusammengesetzt ist. Diese wird der **Theilung, Zertheilung, Zerstückung** des Körpers entgegengesetzt, wobey keine neue, sondern nur eine der Masse nach vergrößerte oder verkleinerte Materie entsteht.

Mit der Zerlegung der Körper beschäftigt sich bloß die Chemie, welche sich hierzu des Feuers und anderer Materien bedient, welche durch eine so genannte nähere Verwandtschaft mit irgend einem Bestandtheile eines gewissen Körpers eine Verbindung eingehen, und so die übrigen Bestandtheile abscheiden. Hierauf gründen sich die chemischen Mittel der Zerlegung, das Abdampfen, das Auflösen und Niederschlagen, das Schmelzen, Destilliren und Sublimiren, bey welchen Operationen oft nicht bloße Zersetzungen, sondern auch neue Verbindungen vorgehen.

Zerlegung der Kräfte und Bewegungen (resolutio virium et motus, décomposition des forces et du mouvement). Wenn man sich nähmlich vorstellt, daß eine einzige Kraft, oder eine einzige Bewegung, welche auf einen gewissen Körper wirkt, auf zwey andere Kräfte oder Bewegungen so gebracht werden kann, daß beyde letztere zusammen die nähmliche Wirkung hervorbringen, als die einfache Kraft oder Bewegung, so nennt man diese Vorstellung die **Zerlegung der Kräfte und Bewegungen.** Man kann sogar noch weiter gehen, und im erforderlichen Falle eine

jede

jede von den beyden Kräften oder Bewegungen wieder in zwey andere zerlegen, welche mit jeder für sich die nähmliche Wirkung hervorbringen u. s. f.

Wenn (fig. 55.) ab die Größe und Richtung irgend einer Kraft vorstellt, so kann man diese Linie als die Diagonale eines Parallelogramms betrachten. Verzeichnet man also hiermit das Parallelogramm acbd, so läßt sich die Vorstellung machen, als ob die einzige Kraft nach der Richtung ab aus zwey andern Kräften zusammengesetzt wäre, deren Richtungen ac und ad wären, und deren Größen sich zur Größe der Kraft ab, wie diese Linien zu ab verhielten. Weil sich nun ein solches Parallelogramm auf unzählige Art verzeichnen läßt, so kann man auch eine jede Kraft auf unzählige Art in zwey andere zerlegen.

Man siehet leicht, daß dieser Satz eine Umkehrung des Satzes von zusammengesetzten Kräften ist, vermöge dessen Kräfte, deren Größen und Richtungen durch die Linien ac und ad ausgedrückt werden, auf den Punkt b zusammen, eben so, wie eine einzige Kraft von der Größe und Richtung der Linie ab, als Diagonale des Parallelogramms adbc, wirken. M. s. **Zusammensetzung der Kräfte und Bewegungen.** Diesen letzten Satz haben einige Mathematiker als Grundsatz angenommen, und durch Erfahrung bestätiget, welche eigentlich nur die zusammengesetzte Bewegung betreffen; Herr **Kästner***) aber hat einen scharfen Beweis desselben auf die Theorie des Hebels gegründet. Daß nun dieser Satz umgekehrt auf die Zerlegung der Kraft anwendbar ist, ist eine ganz natürliche Folge.

Eben so kann man eine von diesen Kräften z. B. ad in die beyden andern ae und af zerlegen, wodurch also die Kraft ab in die drey Kräfte ac, af und ae zerlegt wäre u. s. f. Die Kraft, welche nach der Diagonale ab wirkt, nennt man die mittlere Kraft, und diejenigen Kräfte, welche mit der mittlern Kraft einerley Wirkung hervorbringen,

*) Vectis et compositionis virium theoria euidentius exposita. Lips. 1754. 4.

äußere Kräfte oder Seitenkräfte. Es läßt sich also eine an einem Punkte a angebrachte Kraft auf unzählig viele verschiedene Arten in Seitenkräfte zerlegen, welche der mittleren Kraft äquipollent sind.

Alles dieß gilt auch von Bewegungen, welche durch gleiche Zeiten dauern. Denn da sich dieselben nach dem nähmlichen Gesetze zusammensetzen lassen, wie die Kräfte, so lassen sie sich auch nach eben demselben zerlegen. Sind hierbey die Bewegungen gleichförmig, so verhalten sich die Räume ab, ac, ad wie die Geschwindigkeiten, welche in einerley Zeit durchlaufen werden. Auf solche Art läßt sich eine fernere Zerlegung der Geschwindigkeiten bewerkstelligen, wie bey den Seitenkräften, so daß also hier das Nähmliche anwendbar ist.

Man setze die mittlere Kraft $ab = p$, und die Richtungen beyder Seitenkräfte mit der Richtung der mittleren Kraft nenne man α und β, so weiß man, daß vermöge der Natur der Parallelogramme $c + \alpha + \beta = 180° = b + d$, folglich $\sin. c = \sin. (\alpha + \beta) = \sin. b = \sin. d$. Nun hat man in den Dreyecken acb und adb

$$\sin. c : ab = \sin. \beta : ac \text{ und}$$
$$\sin. d : ab = \sin. \alpha : ad,$$

daher sind die äußern Kräfte

$$ac = \frac{\sin. \beta}{\sin. (\alpha + \beta)} . p \text{ und}$$

$$ad = \frac{\sin. \alpha}{\sin. (\alpha + \beta)} . p;$$

beyde verhalten sich zu einander wie $\sin. \beta : \sin. \alpha$, d. h. verkehrt, wie die Sinus der anliegenden Winkel.

Will man eine Kraft in zwey andere zerlegen, deren Richtungen auf einander senkrecht sind, so ist $\alpha + \beta = 90°$, also $\sin. (\alpha + \beta) = 1$ und $\sin. \beta = \cos. \alpha$; und für diesen Fall

$$ac = \cos. \alpha . p, \text{ und } ad = \sin. \alpha . p;$$

eine jede äußere Kraft verhält sich zur andern, wie der Cosinus

sinus des Winkels ihrer Richtung mit der Richtung der mittleren Kraft zum Sinus dieses Winkels; und zur mittleren, wie eben dieser Cosinus zum Sinus totus.

Alle diese Sätze sind in der Anwendung außerordentlich reichhaltig. In allen Theilen der angewandten Mathematik werden sie unzählig gebraucht.

Zerreiblich (friabile, friable). Man nennt einen Körper zerreiblich, wenn sich seine Theile ohne grosse anzuwendende Kraft sehr fein von dem Ganzen trennen lassen; z. B. wenn man ihn zwischen ein Paar Finger in sehr feines Pulver zerreiben kann, als gebrannte Knochen, Kreide u. dgl. Es wird hierbey vorausgesetzt, daß die Theile des Körpers unter sich auf eine gewisse gleichförmige Art zusammenhängen; denn sonst würden sich nur gröbere Theile oder Stücke von dem Körper trennen, deren feinere Theile eine weit größere Kraft erfordern würden, um sie weiter von einander zu trennen.

Zersetzung s. Zerlegung.

Zerstreuung des Lichtes in Farben s. Farbenzerstreuung.

Zerstreuungspunkt s. Brennpunkt.

Zerstreuungsraum s. Brennraum.

Zimmer, verfinstertes, dunkle Kammer (camera obscura, chambre noire ou obscure). Hiermit bezeichnet man in den optischen Wissenschaften jeden eingeschlossenen Raum, in welchen allenthalben kein Licht von außen anders, als durch eine sehr enge Oeffnung kommen kann. Auf diese Art läßt es sich bewerkstelligen, daß äußere Gegenstände, welche stark genug erleuchtet sind, und von welchen Licht durch die Oeffnung ins dunkle Zimmer treten kann, auf einer Wand mit ihren natürlichen Farben in umgekehrter Stellung abgebildet werden.

Es sey (fig. 56.) a b c d ein eingeschlossener Raum, in welchem bloß durch die Oeffnung g Licht einfallen kann. Nimmt man diese Oeffnung so klein an, daß man sie als einen

einen einzigen Punkt betrachten kann, so muß von jedem Punkte h, i des Gegenstandes h i ein Lichtstrahl durch diese Oeffnung eintreten, und auf die Wand im dunkeln Zimmer fallen, ohne daß zugleich von den benachbarten Punkten des Gegenstandes ein Lichtstrahl auf denselben Punkt dieser Wand fallen kann. Von dieser Wand gehen nun die Lichtstrahlen wieder zurück in das Auge des Zuschauers, der also auf derselben das umgekehrte Bild e f des Gegenstandes sieht. Denn da die Strahlen in der Oeffnung sich durchkreuzen, so muß das Bild verkehrt werden. Es wird desto kleiner seyn müssen, je näher die Wand, worauf es sich abbildet, an der Oeffnung steht; desto größer, je weiter sie davon entfernt ist. Indessen ist diese Vorstellung von einzelnen Lichtstrahlen, die von den Punkten des Gegenstandes nach der Oeffnung zu gehen sollen, nicht der Natur gemäß, sondern es fahren vielmehr von den erleuchteten Punkten Strahlenkegel nach der engen Oeffnung g, die ihre Spitze am strahlenden Punkte haben, und deren Grundfläche die Oeffnung g ist. Die Strahlen dieser einzelnen Lichtkegel breiten sich bey ihrem Fortgange durch die Oeffnung im Zimmer immer weiter aus, und bilden auf der Wand, von der sie aufgefangen werden, erleuchtete Kreisflächen oder elliptische Flächen, je nachdem sie senkrecht oder schief darauf fallen. Diese Flächen, die von den Kegeln benachbarter strahlenden Punkte des Objekts herrühren, decken sich größten Theils, von jeder Fläche bleibt aber doch ein Punkt, nähmlich um des Lichtkegels Achse, der das empfangene Licht reiner und minder vermischt ins Auge divergirend zurückstrahlt, als die übrigen, von andern benachbarten Flächen mehr gedeckten, Punkte dieser Fläche. So entsteht nun durch die Zurückstrahlung dieser Punkte von der Wand die Empfindung eines Bildes des Gegenstandes. Da die Strahlenkegel sich durchkreuzen, so ist das Bild verkehrt. Je weiter von der Oeffnung im dunkeln Zimmer das Bild aufgefangen wird, um desto geringer ist wegen der Divergenz der Strahlen die Erleuchtung der zurückstrahlenden Punkte der Wand; um desto minder lebhaft ist also das Bild,

und

und auch um desto mehr vergrößert. Da die weiße Wand das Licht so zurückstrahlt, wie sie es empfängt, so behalten auch die Punkte des Bildes die Farbe, welche die Strahlen des Strahlenkegels hatten, von dem das Licht des Punktes herrührt; das Auge sieht also das Bild mit den natürlichen Farben des Gegenstandes. Je größer die Oeffnung g wird, desto undeutlicher wird das Bild, weil sich dann desto mehr Strahlenkegel verschiedener Punkte decken, folglich jene zurückstrahlenden Punkte der Wand desto mehr das Licht vermischt mit dem Lichte anderer benachbarter strahlenden Punkte dem Auge zusenden, und also das Bild des ganzen Gegenstandes weniger rein erhalten werden kann. Indessen darf auch die Oeffnung nicht gar zu fein seyn, weil sonst wieder nicht Erleuchtung genug Statt findet, um die Netzhaut im Auge gehörig zu rühren. Hierin ist auch der Grund zu suchen, warum man bey verengerter Pupille, wenn man aus dem starken Tageslichte plötzlich ins dunkle Zimmer tritt, das Bild der Wand nicht gleich sieht, sondern erst eine Zeit lang nachher, wenn durch die erfolgende Erweiterung der Pupille mehr Licht ins Auge kommen kann. Uebrigens erhellet aus dem Angeführten leicht, warum die Bilder im finstern Zimmer nie scharfe und genaue Umrisse, und nie die Deutlichkeit des Gegenstandes haben, und warum sie, bey übrigens gleicher Oeffnung und gleicher Entfernung der Wand davon, desto lebhafter sind, je mehr die sich abbildenden Gegenstände erleuchtet sind.

In jedem Zimmer, vor welchem erleuchtete Gegenstände stehen, deren Punkte durch die Fenster des Zimmers Strahlenkegel auf die Wände des Zimmers werfen, würden Bilder dieser Gegenstände entstehen müssen. Da aber hier jeder Punkt der Wand nicht bloß von einem Punkte der Gegenstände, sondern auch von unzähligen andern zugleich Licht empfängt, das er wieder zurückstrahlt, so kann kein reines und unvermischtes Bild der Gegenstände erzeugt werden; wir können also keine Bilder empfinden, sondern sehen bloß die zurückstrahlenden Punkte der Wand selbst.

Wenn

Wenn in die Oeffnung g der Wand des finstern Zimmers eine kleine erhabene Glaslinse gesetzt wird, deren Brennweite mehrere Fuß beträgt, so werden die divergirenden Strahlen der Strahlenkegel, die von den leuchtenden Punkten der Gegenstände nach der Linse zu gehen, durch die Brechung zu convergirenden, wird nun die Wand, auf der sich das Bild abmahlen soll, genau in den Vereinigungspunkt der Strahlen der einzelnen Strahlenkegel gestellt, so entsteht ein inneres Bild des strahlenden Punktes, und so des ganzen Gegenstandes auf der Wand. Da aber bey der verschiedenen Entfernung mehrerer strahlenden Punkte der Objekte, und eines und desselben Objekts, von der Linse, der Vereinigungspunkt der einzelnen Strahlen, die zu einerley Strahlenkegel gehören, ungleich weit von der Linse entfernt ist; so sieht man leicht, daß man von den verschiedentlich weit entfernten Gegenständen, oder Punkten der Gegenstände, nicht gleich deutliche Bilder erhält.

Diese dunkle Kammer mit dem Converglase kann man die dioptrische nennen, und von der optischen unterscheiden, bey welcher die Strahlen bloß durch eine kleine Oeffnung ohne Glas einfallen.

Diese lehrreiche und ungemein unterhaltende Einrichtung ward im sechszehnten Jahrhunderte von Johann Baptista Porta *) erfunden. In der Vorrede seiner Schrift führt dieser an, daß sie bereits von ihm wäre ausgearbeitet worden, da er kaum das Alter von 15 Jahren erreicht hätte. Nach seinem eigenen Berichte wurde sie ins Italienische, Französische, Spanische und Arabische übersetzt, und mit vielem Vergnügen gelesen. Nach dieser Zeit aber habe er sich mehrere Kenntnisse in allerhand nützlichen Künsten und Wissenschaften, theils auf Reisen durch Italien, Frankreich und Spanien, theils durch Briefe mit berühmten Männern zu verschaffen gesucht; ja er habe sogar in seinem eigenen Hause eine Akademie der Geheimnisse errichtet, in welcher die Mitglieder

*) Magiae naturalis s. de miraculis rerum naturalium. Libri IV. Neap. 1558. Fol. Amst. 1664. 12.

der einander merkwürdige und noch nicht sehr bekannte
nste mitgetheilt und durch Versuche bestätigt hätten. Auf
che Art wäre er im Stande gewesen, eine sehr vermehrte
d reichhaltigere Ausgabe seiner Schrift 30 Jahre nach der
tern zu veranstalten. In dieser Schrift beschreibt er die
nkele Kammer. Er sagt, daß sich durch ein kleines
ch im Fensterladen alle äußere Gegenstände auf einer dage-
en gehaltenen Fläche mit ihren Farben abmahlen, und durch
n in die Oeffnung gestelltes Converglas noch deutlicher wer-
en, sogar daß man die Gesichtszüge der Personen mit vie-
em Vergnügen wahrnehmen könne. Auch führt Porta
n, daß das dunkle Zimmer sehr bequem zu genauen Abzeich-
nungen von Menschen und allen Dingen, so wie auch zur
Beobachtung der Sonnenfinsternisse, diene. Ferner bemerkt
Porta, daß viele sich Mühe gegeben hätten, die Bilder in
ihre ordentliche aufrechte Stellung zu bringen. Sie hätten
versucht, dieß durch Planspiegel zu bewerkstelligen; allein die
Bilder würden dadurch undeutlich und verlören alle Schön-
heit. Diese Absicht ließe sich bloß durch richtige Stellung
eines Hohlspiegels erreichen, wobey er denn zugleich erinnert,
daß dieß die beste Art sey, die Gegenstände zu beobachten.
Ueber dieß bediente sich Porta dieser Kammer zur Belusti-
gung derer, welche ihn aus Neugierde besuchten. Er brachte
nähmlich vor das Linsenglas im Laden eine leere kubische
Papierröhre, deren vordere Seite sehr dünn war, und auf
welche er beliebige Figuren mahlte; hierauf brachte er diese
Seite in gehörigen Abstand vom Linsenglase. Auf diese Art
war er im Stande, vermittelst des Sonnenlichtes in dem
dunkeln Zimmer ein Bild von diesem Gemählde an der Wand
darzustellen. Uebrigens machte er die Einrichtung so, daß er
der vordern Seite der Papierröhre jede Bewegung geben
konnte, wodurch er zum Erstaunen der Zuschauer, Jagden,
Schlachten u. dgl. auf der Wand des dunkeln Zimmers
zeigte.

Diese Versuche in der dunkeln Kammer überzeugten
Porta, daß wir die sichtbaren Gegenstände nicht, wie man

damahls glaubte, durch den Ausgang der Gesichtsstrahlen aus dem Auge, sondern vielmehr durch etwas, was von außen ins Auge kommt, wahrnehmen. Bey der Vergleichung der dunkeln Kammer mit dem Auge, wo er den Augenstern die Oeffnung im Fensterladen seyn läßt, begeht er darin einen Fehler, daß er die Ebene, auf welcher sich das Bild abmahlt, für die Crystalllinse hält. Erst **Kepler** zeigte richtiger, daß diese Linse das Glas, und die Netzhaut die Wand vorstelle. M. s. **Auge.**

Die dunkele Kammer hat man nachher zum bessern Gebrauche, besonders bey Abzeichnungen der Gegenstände, **tragbar** gemacht (camera obscura portatilis). Statt ein ganzes Zimmer zu verfinstern, bedient man sich eines tragbaren Kastens, aus welchem so viel als möglich alles Licht ausgeschlossen wird, bis auf dasjenige, welches das Bild des Gegenstandes mit sich führt. Man kann hiervon verschiedene Arten angeben, dergleichen **Hertel** α), **Doppelmayr** β), **Musschenbroek** γ) u. a. beschreiben.

Eine solche tragbare camera obscura ist die **Rheinthalerische** camera clara, welche die gewöhnliche tragbare an Nettigkeit der Abbildung und an Klarheit des Bildes gar sehr übertrifft; ihr Unterschied ist bloß, daß das Bild darin nochmahls durch ein erhabenes Glas betrachtet wird, und daß wegen der großen Oeffnung der Gläser die Darstellung darin sehr leicht und hell wird. Die Einrichtung ist folgende: (fig. 57.) a b c d ist ein hölzerner Kasten, welcher zur Verhüthung des falschen Lichts inwendig schwarz angestrichen ist. In der vordern Wand a d ist ein erhabenes geschliffenes Glas; in der Diagonalfläche b d steht ein Planspiegel, und in der obern Wand a b ist wieder ein erhabenes geschliffenes Glas. Wenn nun die vordere Wand a d einem erleuchteten Gegenstande zugekehrt ist, welcher weiter davon absteht, als die Brennweite der Linse in a d beträgt, so würde er in dem Kasten

α) Vollständige Anweis. zum Glasschleifen. Halle 1716. 8.
β) Weitere Eröffnung der Bionschen mathemat. Werkschule. Nürnberg 1717. 4. S. 37.
γ) Introduct. ad philos. natur. §. 2333.

Kasten hinter der Linse ein umgekehrtes Bild von sich machen, das um desto mehr verkleinert ist, und desto näher gegen die Linse zu steht, je weiter der Gegenstand vom Glase entfernt ist. M. s. **Linsengläser.** Ehe aber die Strahlen der einzelnen Strahlenkegel zu einem Punkte oder zu einem Bilde des Punktes zusammentreffen können, fahren sie auf dem Planspiegel bd, werden von diesem unter eben dem Winkel zurückgeworfen, unter dem sie auffallen, und machen ein horizontales Bild des ganzen Gegenstandes in der Verkleinerung, die der Weite des Gegenstandes und der Krümmung der Linse zugehörig ist. Da dieses Bild der obern Linse näher liegt, als ihre Brennweite beträgt, so werden die davon ausfahrenden Strahlen bloß als minder divergirende ins Auge kommen, und also nur verursachen, daß das Bild tiefer vom Auge hinabgesetzt, und unter einem größern Sehewinkel wahrgenommen wird. Je weiter der Gegenstand von der Linse in ad abrückt, desto weiter liegt das Bild pq von der Linse ab hinab entfernt, desto weniger divergirend werden die Strahlen, die von den Punkten, welche das Bild machen, und nach der Linse in ab zu gehen, nach der Brechung in derselben: folglich desto weiter scheint das Bild entfernt. Daher bilden sich Landschaften und andere Gegenstände in dieser Camera clara perspektivisch ab. Gewöhnlich ist die Einrichtung so gemacht, daß die Wand ad vom Spiegel bd mehr oder weniger entfernt werden kann, wodurch das Bild eines nahen Gegenstandes, das durch das Glas in ab betrachtet wird, mehr oder weniger vergrößert erscheint. Um das Bild in dieser Camera clara zu sehen, muß man das Auge über das Glas in ab halten. Es ist aber zu merken, daß auf dieses Glas wenig oder kein sehr starkes Licht von andern Gegenständen fallen muß, wenn man das Bild darunter sehr deutlich sehen will; daher ist es am besten, auf ab noch einen oben offenen, viereckigen, inwendig geschwärzten Kasten von Pappe oder Holz zu setzen, in den man hineinsieht.

Man kann aber auch die Einrichtung so abändern, daß das Glas in der Fläche ab ganz wegfällt, und das durch

Glas und Spiegel, oder durch mehrere Gläser entstandene Bild mit dem bloßen Auge betrachtet wird. So ist das verbesserte Adamsische Lampenmikroskop eingerichtet.

M. s. Kästner's Anfangsgr. der Optik § 26 f. Gren's Grundriß der Naturlehre. Halle 1797. 8. § 713. Fischer's Geschichte der Physik, Th. I. Göttingen 1801. 8. Abschn. II. Cap. I. S. 164 ff.

Zink, Spiauter, Conterfeit (zincum, zinc) ist ein zinnweißes Metall von einem strahligen Bruche, der ins Blätterige übergeht; das zwischen den spröden und dehnbaren Metallen das Mittel hält, oder halbgeschmeidig ist, und sich zwischen Streckwerken zu ziemlich dünnen Blättchen dehnen läßt. Es läßt sich unter dem Hammer auf dem Amboße nicht, wie die so genannten Halbmetalle, pulvern. Seine absolute Festigkeit ist aber nicht groß, und nach **Musschenbroek** zerreißt eine parallelipipedalische Zinkstange von 0,17 eines Zolles Dicke von 76 bis 83 Pfund. Das specifische Gewicht des Zinks, wenn er kein Bley enthält, ist gegen das Wasser 6,862. Er ist ohne Geruch und ohne Geschmack.

Der Zink schmelzt noch etwas vor dem Glühen in einer Hitze, die ungefähr auf 700 Fahrenh. Grade geht. Bey einem regelmäßigen Erkalten erleidet er eine Art von Krystallisation, und bildet nach **Mongez** bündelsförmig verbundene kleine vierseitige Prismen. Erhitzt man den Zink stark, doch so, daß er noch nicht zum Schmelzen kömmt, so wird er so spröde, daß er sich in einem Mörser pulvern läßt. Im Flusse, und wenn er nicht glühet, überzieht sich seine Oberfläche beym Zutritte der Luft mit einem weißgrauen Kalke, der ungefähr 17 Procent Zunahme hat. Dieser Kalk läßt sich durch einen Zusatz von $\frac{1}{6}$ Kohlenstaub leicht zum Metall reduciren.

Der bis zum Glühen erhitzte Zink bricht an der freyen Luft in eine überaus schöne und außerordentlich blendende Flamme aus, die aus weißgelb und grün gemischt und der Flamme des brennenden Phosphors überaus ähnlich ist und auch einen etwas ähnlichen schwachen Geruch verbreitet.

Dabey

Dabey erhebt sich ein lockerer und sehr weißer Kalk, den man **Zinkblumen** (flores zinci, lana philosophica, nihilum album, pompholyx, oxyde de zinc sublimé) nennt. Dieser vollkommene Zinkkalk ist im Feuer höchst fix. Die Gewichtszunahme dieses Kalks steigt nach Herrn **Abich** auf 25 Procent. Auch die Verpuffung des Zinks mit dem Salpeter ist sehr lebhaft, und wird wegen der Weiße und des Glanzes ihrer Flamme in der Feuerwerkerey häufig gebraucht.

Luft und Wasser haben auf den Zink keine sonderliche Wirkung. Wenn aber die Wasserdämpfe nach **Lavoisier's** und **Meusnier's** Entdeckungen über glühenden Zink wegstreichen, so geben sie brennbares Gas, wie mit dem Eisen, und der Zink wird verkalkt. Der Zink zersetzt also das Wasser, wie das Eisen.

Alle Säuren wirken auf den Zink, und lösen ihn und seine Kalke auf. In verdünnter Schwefelsäure löset er sich mit Aufbrausen und einer beträchtlichen Erhitzung auf, und es entbindet sich eine große Menge brennbares Gas. Nach dem Durchseihen ist diese Auflösung völlig klar und farbenlos, und schießt, wenn sie gesättigt ist, in der Kälte zu schönen weißen, vierseitig-säulenförmigen Krystallen an, woran zwey entgegengesetzte Seitenflächen breiter, als die andern sind, mit vierseitigen pyramidalischen Endspitzen. Man nennt diesen schwefelsauren Zink gewöhnlich **Zinkvitriol, weißer Vitriol** oder **Gallitzenstein.** Die Salpetersäure löset den Zink mit ungemeiner Heftigkeit, mit Aufwallen und starker Erhitzung auf. Hierbey entwickelt sich sehr viel Salpetergas. Durchs Abrauchen dieser Auflösung entstehen Krystallen, welche **salpetersaurer Zink** (zincum nitricum, nitras zinci, nitrate de zinc) heißen. Auch die Salzsäure löset den Zink mit Heftigkeit und Hitze auf, wobey sich sehr vieles entzündbares Gas erzeugt. Die dabey niederfallenden schwarzen Flocken sind Reißbley. Die Auflösung ist wasserhelle, läßt sich aber nicht krystallisiren, liefert aber durch die Destillation eine dickflüssige **Zinkbutter** (butyrum zinci), welche man auch durch dephlogistisirte Salzsäure und Zink erhalten kann.

Auch die feuerbeständigen ätzenden Laugensalze greifen den regulinischen Zink an.

Schwefel und Schwefelleber verbinden sich mit dem regulinischen Zink nicht. Man kann daher den Zink durch den Schwefel von andern Metallen reinigen. Dabey muß aber der Tiegel bedeckt werden, weil nach den Versuchen der Herren **Dehne** und **Morveau** der verkalkte Zink sich mit der Schwefelleber vereinigt.

Mit den meisten Metallen läßt sich der Zink zusammenschmelzen, und gibt ihnen dadurch mehr Sprödigkeit. Mit dem Quecksilber amalgamirt er sich leicht im Schmelzen. M. s. **Amalgama, elektrisches.** Die gebräuchlichste und nützlichste Versetzung des Zinks ist die mit Kupfer, mit dem er sich im Flusse sehr wohl vereinigt, wenn man dabey nur das Abbrennen des Zinks verhüthet. Das Kupfer wird vom Zinke gelb gefärbt, ohne von seiner Geschmeidigkeit viel zu verlieren. Dagegen wird es durch den Zink gegen den Rost gesichert und leichtflüssiger. Dergleichen gelbes Kupfer bekommt unterschiedene Nahmen, nach der Menge des Zinks, die damit verbunden ist, und der davon abhangenden unterschiedenen Farbe; dahin gehören **Messing, Tomback, Similor, Knitter- oder Rauschgold,** das **unechte Blattgold,** der **Messingdraht** und die **leonischen Tressen.**

Besonders merkwürdig in der Physik ist der Zink durch den Galvanismus geworden.

M. s. **Gren's** systematisches Handbuch der gesammten Chemie Th. III. Halle 1795. 8. §. 3215 ff.

Zinn (stannum, étain) ist ein bekanntes Metall von einer stark glänzenden weißen Farbe, welche etwas bläulicher, als die von Silber ist; sehr weich, aber doch ziemlich dehnbar, und läßt sich zu sehr dünnen Blättern, dem **Stanniol**, ausdehnen. Es hat wenig Zähigkeit; denn ein Zinnfaden von $\frac{1}{10}$ Zoll im Durchmesser zerriß nach **Musschenbroek** schon von einem Gewichte, das über $49\frac{1}{2}$ Pfund ging. Die Elasticität des Zinns ist sehr gering und es hat daher wenig

Klang.

Klang. Sein specifisches Gewicht ist nach Bergmann 7,264. Wenn man es beugt, oder zwischen den Zähnen drückt, so hört man ein ihm eigenes Knirschen, und hat, wenn es gerieben oder erhitzt wird, einen eigenthümlichen Geruch und widrigen Geschmack. Das verkäufliche Zinn ist selten rein, und mit andern Metallen, vorzüglich mit Bley, vermischt.

Zum Schmelzen braucht das Zinn nur eine geringe Hitze, indem es schon beym 420sten Grade nach Fahrenh. schmilzt. Herrn de la Chenaye gelang es, das Zinn zum Krystallisiren zu bringen, indem er nähmlich rhomboidalische Stücke erhielt, die aus mehreren der Länge nach mit einander verbundenen Nadeln bestanden. Beym Zugange der Luft wird das Zinn bald nach dem Schmelzen mit einem grauen Pulver bedeckt, und das Zinn kann, wenn man diesen Kalk immer von der Oberfläche wegnimmt, ganz und gar darin verwandelt werden. Gewöhnlich heißt dieser graue Zinnkalk Zinnkrätze. Er hat ungefähr 10 Procent Gewichtszunahme, und läßt sich mit Kohlenstaub in verschlossenen Gefäßen wieder herstellen. Durch fortgesetztes Ausglühen verwandelt sich dieser Kalk in eine weißere und strengflüssigere Zinnasche (cinis stanni, jovis), welche zur Basis des weißen Schmelzglases oder der weißen Emall dient. Diese ist weit schwerer zu reduciren, und wird zum Poliren der Gläser und Metallspiegel gebraucht. In offenen Gefäßen bis zum Glühen erhitzt, brennt endlich das Zinn mit einer kleinen hellweißen Flamme, und gibt einen weißen Dampf, der sich als ein glänzend weißer, nadelförmiger Kalk anlegt. Auch in dem Brennpunkte großer Brenngläser raucht und dampft das Zinn sehr stark.

Luft und Wasser machen zwar die Oberfläche des Zinnes unscheinbar, aber der leichte Rost, welcher sich daran erzeugt, bleibt doch immer nur dünn, und greift nie tief in die eigentliche Masse.

Das regulinische Zinn wird zwar von allen Säuren angegriffen, und zum Theil aufgelöset; allein es hat auch das mit dem Eisen gemein, daß es durch die vollkommenere Ver-

kalkung in manchen immer schwerer aufzulösen wird. Ganz unvollkommener Zinnkalk wird von den meisten Säuren nur in sehr geringer Menge aufgenommen. Die Schwefelsäure muß nicht stark mit Wasser verdünnt seyn, und erhitzt werden, wenn sie das Zinn auflösen soll. Die Salpetersäure hingegen wirkt mit außerordentlicher Heftigkeit auf das Zinn. Sie greift es mit Aufbrausen und starkem Erhitzen an. Sie zerfrißt aber vielmehr das Zinn, als daß sie es eigentlich auflösen sollte, und verwandelt es in ein weißes Pulver, das nach dem sorgfältigsten Aussüßen sich wie im Feuer entstandene weiße Zinnasche verhält. Die Salzsäure löset das Zinn sehr wohl auf; die dabey entstehende Wärme und das Aufbrausen sind gemäßigt; die davon gehenden Dämpfe riechen unangenehm, und sind brennbares Gas. Auch das Königswasser gibt ein sehr wirksames Auflösungsmittel für das Zinn ab. Die damit bereitete Zinnsolution wird in der Färberey unter dem Nahmen der Composition gebraucht, um rothe Farben, besonders von der Cochenille, dadurch zu erhöhen, und das Scharlachroth damit hervorzubringen. Von den ätzenden feuerbeständigen Laugensalzen wird das reguliniſche Zinn auf nassem Wege in der Hitze angegriffen, und zum Theil aufgelöset. Eben so auch der Zinnkalk.

Mit dem Schwefel schmelzt das Zinn zu einer strengflüssigen, spröden Masse zusammen, welche beym Erkalten gern breite, flachgedruckte Nadeln bildet. Aus 12 Theilen Zinn und 7 Theilen Schwefelblumen mit einem Zusatze von 3 Theilen Quecksilber und 3 Theilen Salmiak, erhält man das so genannte Mussivgold (aurum musicum s. mosaicum).

Mit den Metallen verbindet sich das Zinn durch Schmelzung in allen Verhältnissen, entzieht ihnen aber dabey nach Beschaffenheit des Verhältnisses einen großen Theil ihrer Geschmeidigkeit, und zwar dem Golde und Silber am meisten, so daß schon der bloße Dampf des Zinns eine beträchtliche Menge dieser Metalle spröde macht. Auch das Kupfer erhält durch Versetzung mit Zinn mehr Sprödigkeit, Härte und Klang, wie man aus der Glockenspeise sieht, obgleich

das

das Zinn an sich ein weiches und klangloses Metall ist. Aehnliche Compositionen werden auch zu den Metallspiegeln der Teleskope gebraucht. M. s. **Spiegelteleskop.** Die Verbindung oder Verquickung des Zinns mit Quecksilber giebt das zur Belegung der Spiegel dienende Amalgama, und die Versetzung mit gleichen Theilen Bley das Loth der Bleygießer.

Das regulinische Zinn schlägt die Goldauflösung in Königswasser dunkelpurpurfarben nieder. Der lockere purpurfarbene Niederschlag heißt **mineralischer Purpur, Goldpurpur des Cassius** (purpura mineralis), welches ein Gemisch von Gold- und Zinnkalk ist, das sich in Königswasser auflösen, aber schwer im Feuer wieder herstellen läßt, und daher zum Rothfärben des Glases, und zur Porzellan- und Emailmahlerey gebraucht wird. Die Erklärung dieses Niederschlages hat die Chemiker viel beschäftiget. Am wahrscheinlichsten hält man mit **Leonhardi** und **Bergmann**, daß der im Königswasser enthaltene vollkommene Goldkalk wegen seiner großen Verwandtschaft zum Brennstoff diesen aus der Zinnsolution anzieht; der Goldkalk dagegen dem unvollkommenen Zinnkalke Sauerstoff abtritt, und ihn zum vollkommenern Zinnkalke macht. Dieser kann nun nicht mehr, eben weil er vollkommen verkalkt ist, aufgelöset bleiben, und trennt sich also vom Menstruum; daher fallen beyde Metalle zugleich kalkförmig nieder.

Eine andere merkwürdige Bereitung liefert das Zinn, wenn es mit dem Quecksilbersublimate vermischt und destillirt wird. Es verbindet sich nähmlich die Salzsäure des Quecksilbersublimats mit dem Zinnkalke, und geht damit als eine flüchtige, rauchende Auflösung über, welche man **Libav's** oder auch **Cassius rauchenden Spiritus** nennt. Der dabey übergehende dickere Theil heißt auch **Zinnbutter.**

M. s. Gren systemat. Handbuch der gesammten Chemie. Th. III. Halle 1795. 8. §. 3117. ff.

Zirkonerde (circonia, terre de Jargon) ist eine zuerst vom Herrn **Klaproth** [a]) in den **Zirkonen** nachher auch in dem Hyacinth als vorwaltender Bestandtheil und als eigenthümliche Erde entdeckt worden. Sie ist unauflöslich im Wasser, in Säuren auflösbar, aber nicht mit Kohlensäure verwandt; in ätzenden Alkalien auf nassem Wege nicht auflösbar; unschmelzbar für sich und mit feuerbeständigen Alkalien; nur mit Borax fließt sie zu Glase.

M. s. **Gren** systemat. Handbuch der gesammten Chemie. Th. I. Halle 1794. 8. §. 403.

Zitterfische, elektrische Fische (pisces electrici, poissons électriques). Mit diesem Nahmen kann man alle diejenigen Fische belegen, welche merkliche Erscheinungen von Elektricität von sich geben. Es sind deren bereits fünf bekannt.

Der **Krampfroche, Zitterroche, Krampffisch** (raja torpedo, torpille, tremble) ist eine Rochenart, platt, selten 20 Zoll lang, völlig ausgewachsen nicht über einige Pfunde schwer, und an einigen Küsten Europens sehr häufig. Dieser Fisch war schon den Alten bekannt, welche erzählen, daß er die Thiere, die sich ihm nähern, betäube, und die Arme derjenigen Personen, welche ihn berühren, erstarren mache. Auch hängt es von der Willkür dieses Thieres ab, den Körper, welchen es berührt, durch einen Schlag zu erschüttern, welcher dem elektrischen ähnlich ist. Eine geraume Zeit hat man die Ursachen von den Erscheinungen dieses Fisches nicht von der Elektricität abgeleitet [β]). Nachher aber fing man an, dergleichen dabey zu vermuthen, besonders da ein anderer elektrischer Fisch, der **Zitteraal**, bekannter wurde, und welchen man anfänglich mit jenem vielfältig verwechselte. Um das Jahr 1773. endlich ward es durch **Walsh** [γ]) außer allen Zweifel gesetzt, daß die Eigen-

a) Chemische Untersuchung des Zirkons, in den Beob. und Entd. aus der Naturkunde von der Gesellsch. naturforsch. Freunde in Berlin. B. III. 1789. S. 147. f.
β) Mémoir. de Paris 1714. p. 344.
γ) Philosoph. Transact. Vol. LXIII. p. 461.

Eigenschaften dieses Fisches ganz von der Elektricität abhangen. Dieses Thier hat zwey elektrische Organe, welche an der Seite der Hirnschale und der Kiefern liegen, und von da bis zu den halbkreisförmigen Knorpeln der Seitenflossen gehen. Der Länge nach reichen sie von dem vordern Ende des Thieres bis zu dem Querknorpel, der die Brust von dem Bauche trennt. Hier nehmen sie die ganze Dicke des Thieres von oben bis unten ein, und sind mit der ordentlichen Haut bedeckt, unter welcher sich jedoch noch zwey dünne Membranen oder Bänder befinden. Die Länge eines jeden Organs ist etwas geringer, als der dritte Theil der Länge des ganzen Thieres. Jedes Organ besteht aus senkrechten Prismen oder Säulen, welche von der untern Seite des Körpers bis an die obere reichen, und deren Länge nach der verschiedenen Dicke des Fisches an verschiedenen Stellen verschieden ist. Die Zahl dieser Säulen ist sich nicht gleich, und zwar bemerkt man diese Verschiedenheit nicht nur bey verschiedenen Zitterrochen, sondern sie scheint auch hauptsächlich von dem Alter des Thiers herzukommen, so daß etwa, so wie der Fisch an Größe zunimmt, immer neue entstehen mögen. Bey einem sehr großen Krampfrochen bestand das Organ, wie man fand, aus 1182 solcher Säulen. Die meisten von diesen Säulen sind entweder irreguläre Sechsecke, oder irreguläre Fünfecke; allein ihre Gestalt bleibt sich nicht gleich. Ihr Durchmesser beträgt gemeiniglich $\frac{1}{5}$ Zoll. Jede Säule ist durch horizontalliegende Theilungen getheilt, welche sich in geringen Entfernungen über einander befinden, und eine Menge Zwischenräume bilden, die eine flüssige Materie zu enthalten scheinen.

Die beschriebenen elektrischen Organe scheinen allein die elektrische Erschütterung hervorzubringen; die übrigen Theile des Thiers, z. B. die an dem elektrischen Organ liegen, bloß den Stoß zu leiten. Berührt man den Krampfrochen in oder außer dem Wasser, nur nicht isolirt, mit der Hand, so theilt er ihr insgemein eine zitternde Bewegung, oder eine schwache Erschütterung mit; diese fühlt man jedoch bloß in

 den

den Fingern. Berührt man ihn hingegen mit beyden Hä den zugleich, und zwar mit der einen Hand oben, und m der andern unten, so erhält man einen Stoß, der dem St aus der Leidner Flasche ganz ähnlich ist. Berühren die Hä den Fisch an den gegenüberstehenden Seiten, gerade über d elektrischen Organen, so ist der Stoß am stärksten. Brin man sie hingegen an andere Stellen jener Seiten, so i die Erschütterungen etwas schwächer, und man fühlt gar kei wenn man beyde Hände an die elektrischen Organe der ein Seite legt. Daraus sieht man, daß die obern und unt Seiten der elektrischen Organe entgegengesetzt elektrisch si Berührt man den Fisch mit beyden Händen auf einer Se und zwar nicht gerade da, wo die elektrischen Organe lieg so bemerkt man doch einen, wenn gleich schwachen, St Allein hier scheint die entgegengesetzte Kraft der andern Se des Thiers über die Haut weggeleitet worden zu seyn.

In freyer Luft ist der Stoß von dem Krampfrochen etwa vier Mahl so heftig, als im Wasser; und wenn man beyde Seiten des Thiers mit einer Hand berührt, nähmlich die eine Seite mit dem Daumen, und die andere mit dem Mittelfinger, so fühlt man die Erschütterung weit stärker, als wenn man die Verbindung mittelst beyder Hände bewirkt hat. Bisweilen folgen die Erschütterungen so geschwind auf einander, daß kaum eine Zeit von 2 Sekunden dazwischen vergeht; und wenn der Krampfrochen nicht starke abgesetzte Stöße, sondern bloß ein gewisses Zittern hervorbringt, so läßt sich diese Empfindung der auf einander folgenden geschwinden Entladung mehrerer schwachen Schläge zuschreiben. Es ist besonders, daß der Krampfrochen, wenn er gleich isolirt ist, Personen, die ebenfalls isolirt sind, doch mehrere Schläge geben kann.

Diese Kraft wird durch eben die Körper fortgeleitet, welche die Elektricität leiten, und eben durch die wieder aufgehalten, welche keine Leiter der Elektricität sind. Wenn aber die Verbindung der Leiter nur im geringsten unterbrochen wird, so kann der Stoß des Krampfrochens nicht fortgeleitet werden.

rden. Er geht daher nicht durch eine Kette, noch durch Luft von einem Leiter zum andern wenn der Abstand noch ht ein Mahl $\frac{1}{200}$ Zoll beträgt; mithin hat man dabey auch e einen Funken wahrnehmen können Auch hat man bey n elektrischen Fischen kein elektrisches Anziehen oder Zurück- ßen bemerkt; ungeachtet man in dieser Absicht mehrere Ver- che angestellt hat.

Mehrere Nachrichten vom Krampfrochen und mit ihm igestellte Versuche findet man beym Ingenhouß [α]) und sonders beym Spallanzani [β]). Letzterer hat im Ganzen enommen Walsh's Bemerkungen ganz richtig gefunden, ur hier und da mehr berichtiget. So hat z. B. Spallan- ani nicht wahrnehmen können, daß das Thier, wenn es die Erschütterung geben will, alle Mahl die Augen zudrücke.

Zitteraal, Zitterfisch, Drillfisch (gymnotus electri- us, gymnotus tremulus, anguille tremblante ou electrique). Dieser elektrische Fisch findet sich häufig in den großen Flüssen von Südamerika. Gewöhnlich ist er etwa 3 Fuß lang; doch hat man einige so große gesehen haben wollen welche mit dem Schlage ihres elektrischen Organs einen Menschen hätten tödten können.

Diesen Fisch hat zuerst van Berkel [γ]) zwischen 1680. und 1689. bekannt gemacht. Richer, welcher 1671. nach Ca- yenne ging hatte schon in seinem Tagebuche bemerkt, es gebe daselbst 3 bis 4 Fuß lange Fische, welche mit dem Finger oder mit einem Stabe berührt, den Arm erstarren machen und Schwindel erregen, welches du Hamel [δ]) anführt. In den neuern Zeiten bezweifelte man aber diese Erzählung, oder war doch nicht geneigt, Elektricität dabey zu vermuthen, als welches

α) Philos. Transact. Vol. LXV. P. I. p. 1.

β) Memoire di matematica e fisica della società italiana. T. II. p. 603 sqq. Deutsch in den Leipz. Samml. zur Physik u. Naturgesch. B. IV. St. 3. S. 338 f. und im Gothaisch. Magazin, B. V. St. 3. S. 4.

γ) Reise nach Rio de Berbice in der Samml. seltener und merkwürdiger Reisegeschichten. Memmingen 1789. 8. S. 220.

δ) Historia regiae scient. Acad. p. 168.

welches selbst Nollet noch für unwahrscheinlich hält. Der erste, welcher hierbey Elektricität vermuthete, war Adanson, im Tagebuche seiner Reise 1751. [α]). Endlich ward durch Seba, Artedi, Gaulicus, Allamand [β]) und Gronov [γ]) die Beschreibung dieses Fisches selbst und seiner Eigenschaften bekannter. Was damahls von ihm bekannt war, erzählt Musschenbroek [δ]) umständlich.

Hugh Williamson [ε]) und Alexander Garden [ζ]) haben mehrere wichtige Beyträge zur Geschichte des Zitteraals geliefert. Vorzüglich aber erhielt man durch Hunter's Zergliederung an einem Zitteraale ein ganz unerwartetes Licht von der Natur dieses Thieres [η]), und Herr Walsh hat an diesen Fischen mehrere Entdeckungen in Rücksicht ihrer elektrischen Eigenschaften gemacht. Die Versuche, welche jene Eigenschaften zeigten, wurden mehrere Monathe lang in London öffentlich angestellt.

Ein Zitteraal von 3 Fuß Länge ist gewöhnlich an der dicksten Stelle seines Körpers zwischen 10 und 14 Zoll im Umkreise. Da die elektrische Kraft dieses Thiers weit stärker ist, als beym Krampfrochen, so sind auch seine elektrischen Organe um vieles größer; wirklich ist auch der Theil seines Körpers, der die meisten animalischen, oder solcher Theile enthält, welche Fische von der nähmlichen Gattung mit ihm gemein haben, beträchtlich kleiner, als der, welcher die elektrische Kraft besitzt, wenn gleich der letztere seine Nahrung und Wirksamkeit natürlich von dem erstern bekommt.

Der Kopf dieses Thiers ist groß und breit, flach, glatt, und mit mehreren kleinen Löchern versehen. Der Mund ist groß, aber die Kinnbacken haben keine Zähne, so daß sich dieses Thier durch Saugen nährt, oder die Nahrung ganz hinun-

α) S. *Rozier* observ. sur la physique. Tom. V. 1775. May. p. 444.
β) Haarlemer Verhandelingen. Deel II. p. 372.
γ) Descriptio gymnoti tremuli in act. Helvet. Basil. 1760. p. 26.
δ) Introduct. ad philos. nat. Tom. I. §. 901.
ε) Philosoph. Transact. Vol. LXV. P. I. n. 10. p. 94.
ζ) Ibid. n. 11. p. 102.
η) Ibid. Par. II. num. 39. p. 395.

hinunterschlingt. Die Augen sind klein, etwas platt, von bläulicher Farbe, und stehen ein wenig hinter den Nasenlöchern. Der Körper ist, bis zu einer beträchtlichen Entfernung von dem Kopfe, breit, dick und rundlich; von da aber nimmt er allmählich ab. Der ganze Körper, einige Zoll hinter dem Kopfe, ist der Länge nach in vier Theile getheilt, welche durch Linien deutlich von einander abgesondert sind. Die scharfe Kante am Unterleibe nimmt einige Zoll hinter dem Kopfe ihren Anfang, wird immer breiter und breiter, und geht bis an den Schwanz, wo sie am schmalsten ist. Er hat zwey Brustflossen, und sein After befindet sich unten, mehr nach vorn hin, als jene Flossen, folglich nicht weit vom rostrum.

Dieses Thier besitzt zwey Paar elektrische Organe, von welchen das eine größer ist, als das andere, und den größten Theil der Länge des Körpers einnimmt. Sie sind durch eigene Häute von einander abgesondert, und sind mit Nerven aus dem Rückenmarke versehen, welche Paarweise zwischen den Rückgrathswirbeln herauskommen.

Der Zitteraal besitzt alle elektrische Eigenschaften des Krampfrochens, aber in einem weit höhern Grade. Sein Stoß wird durch Leiter der Elektricität fortgeleitet, und durch nichtleitende Körper aufgehalten. Daher empfindet man den Stoß durch Wasser, ohne daß man das Thier unmittelbar berührt, auch durch jede andere gemachte Verbindung; den stärksten Schlag aber erhält man, wenn man das Thier außer dem Wasser berührt, und die beste Art, starke Schläge zu erhalten, ist die, daß man das Thier mit der einen Hand am Schwanze, und mit der andern am Kopfe faßt. Auf solche Art erhält man Erschütterungen, die man nicht bloß in beyden Armen, sondern auch sehr stark in der Brust fühlt. Berührt man das Thier bloß mit einer Hand, so fühlt man in selbiger nur eine Art von Zittern, das dem Zittern, welches der Krampfrochen unter gleichen Umständen hervorbringt, ganz ähnlich, nur stärker ist. Auch die Kraft des Zitteraals, Stöße zu ertheilen, hängt von seiner Will-

kür

für ab; so ertheilt er auch bisweilen sehr starke, bisweilen wieder sehr schwache Stöße; die stärksten dann, wenn er durch häufiges und starkes Berühren gereitzt wird. Merkwürdig ist es, daß dieser Fisch mit der Auszehrung behafteten Personen keinen Schlag zu geben im Stande seyn soll, wie dieß Collins Flagg [a]) gefunden haben will.

Legt man kleine Fische in das Wasser, worin sich der Zitteraal befindet, so werden sie gemeiniglich durch einen Schlag betäubet und getödtet, worauf er sie, wenn er hungrig ist, verschluckt. Die so betäubten Fische erhohlen sich oft wieder, wenn man sie geschwind in ein anderes Gefäß mit Wasser thut. Nach Loskiel's Versicherung können sich diesem Fische einige Gattungen Krebse ohne Schaden nähern [b]).

Die stärksten Erschütterungen des Zitteraals pflanzen sich fort, wenn auch die Verbindung ein wenig unterbrochen ist. Sie lassen sich z. B. durch eine Kette leiten, um so mehr, wenn sie nicht sehr lang und ausgedehnt ist, so daß ihre Glieder in bessere Berührung kommen. Macht man in einen auf Glas befestigten Stanniolstreifen einen Einschnitt mit einem Federmesser, und läßt die Erschütterung durch diesen Streifen hindurchgehen, so wird sich ein kleiner, aber sehr lebhafter Funken zeigen, der sich in einem finstern Zimmer deutlich bemerken läßt.

Herr Walsh hat an dem Zitteraale noch eine andere Entdeckung gemacht. Er bemerkte nähmlich an diesem Thiere eine neue Art von Sinn, mit dessen Hülfe es wußte, ob die Körper, die sich ihm näherten, solche, welche den Stoß empfangen konnten, d. i. Leiter, oder Körper von anderer Beschaffenheit waren; denn in dem erstern Falle ertheilte das Thier den Stoß, im letztern aber nicht. Diese wunderbare Eigenschaft zu zeigen, stellte er mehrere Versuche an, von welchen der überzeugendste folgender war:

zwey

a) Philos. Transact. of the Americ. societ held at Philadelphia. Tom. II. im Auszuge im Gothaisch. Mag. B. V. St. 3. S. 13 f.

b) Geschichte der Mission der evangel. Brüder unter den Indianern in Nordamerika. Barby 1789. 8. und im Gothaisch. Magazin, B. VI. St. 2. S. 171.

zwey Dráhte wurden mit ihren Enden in ein Gefäß mit Wasser gelegt, in dem sich der Fisch befand, so dann umgebogen, und ein großes Stück fortgeführt; endlich endigten sie sich in zwey besondern, mit Wasser gefüllten, Gefäßen. Diese Dráhte wurden in einer beträchtlichen Entfernung von einander von Nichtleitern getragen, mithin war die Verbindung nicht vollkommen. Legte nun jemand die Finger beyder Hände in die Gefäße, worin sich die Dráhte endigten, d. h, die Finger der einen in das eine, und die Finger der andern Hand in das andere Gefäß, so war die Verbindung vollkommen. Nun bemerkte man beständig, daß sich das Thier, wenn die oben beschriebene Verbindung unterbrochen war, den Enden der Dräthe nie absichtlich näherte, wie es zu thun pflegte wenn es einen Schlag geben wollte. So bald aber die Verbindung entweder durch eine Person, oder sonst durch einen Leiter wieder hergestellt wurde, so kam das Thier augenblicklich zu den Dráhten, und ertheilte den Stoß, wenn es gleich nicht sehen konnte, daß die Verbindung wieder ergänzt worden war. Diese nähmliche Bemerkung wollte auch Dr. Ingenhouß gemacht haben.

Dr. Schilling, Arzt der Colonie zu Surinam, wollte durch Versuche einen beträchtlichen Einfluß des Magnets auf diesen Fisch wahrgenommen haben *). Bey der Annäherung eines armirten Magnets ward der Fisch zuerst unruhig, und bey der Berührung mit demselben stark erschüttert. Legte man den Magnet ins Wasser, so ward der Fisch nach einiger Zeit ganz still, und näherte sich von selbst dem Magnet, als ob er von dem umgebenden Wasser angezogen und zurückgehalten würde. Nach einer halben Stunde zog er sich sehr geschwächt vom Magnete wieder zurück, hatte aber nun alle Erschütterungskraft verloren, so daß man ihn ohne Schaden berühren und in die Hände nehmen konnte. Die beyden Pole des Magnets schienen wie mit Feilspänen überzogen.

*) Nouv. mémoir. de Berlin 1770. p. 68. imgl. observ. physica de torpedine pisce in diatribe de morbo in Europa pene ignoto, quem Americani Jaws vocant. Traj. ad Rhen. 1770.

gen. Der Fisch erlangte einige Kraft wieder, nachdem man ihn ein Paar Tage mit Brot gefüttert hatte; als man aber Eisenfeile ins Wasser warf, sammelte er bald alle vorige Kraft von neuen.

Diese Versuche sind von vielen als ein Hauptbeweis für die Identität der Elektricität mit dem Magnetismus angesehen worden. Allein Dr. Ingenhouß [a], Walsh und besonders Spallanzani haben sie als völlig ungegründet gefunden. Letzterer brauchte einen Magnet, der 25 Pfund Eisen zog, und gleichwohl bemerkte er nicht das geringste vom Magnetismus.

Der Zitterwels, Raasch (silurus electricus). Dieser hält sich in den Flüssen von Afrika auf; allein bis jetzt haben wir nur noch sehr unvollkommene Nachrichten von seinen Eigenschaften. Die Herren Adanson und Forskål gedenken dieses Fisches kürzlich, und Broussonet [β]) liefert von ihm eine Beschreibung, und gibt ihm den französischen Nahmen le trembleur.

Der elektrische Stachelbauch (tetrodon electricus). Diesen elektrischen Fisch hat ein englischer Schiffslieutenant Paterson [γ]) auf einer Reise nach Indien entdeckt, da er sich bey der Insel St. Juan, einer von den Comorren, zwischen der Küste von Zanguebar und der Insel Madagascar aufhielt. In einem von Seewasser ausgehöhlten Felsen, wo die Wärme des Wassers zwischen 50 und 60 Fahrenh. Grade war, fing er ein Paar derselben in einem Netz, und da er den einen angreifen wollte, bekam er einen so heftigen elektrischen Schlag, daß er loslassen mußte. Inzwischen brachte er beyde ans Land; da er aber ein Paar tausend Schritte von dem Orte, wo er sie gefangen hatte, das Netz aufmachte, war der eine todt und der andere äußerst schwach. Dieser Fisch war 7 Zoll lang und 2½ Zoll breit; sein Kopf war sehr verlän-

α) Vermischte Schriften, herausgeg. von Molitor. Wien 1784. 8. Th. I. S. 413.

β) Mémoir. de Paris 1782.

γ) Philosoph. Transact. Vol. LXXVI. P. II. num. 9. und Gothaisches Magazin B. IV. St. 4. S. 48.

verlängert, und er schien zum Geschlechte der Stachelbäuche zu gehören. Der Rücken war dunkelbraun, der Bauch meergrün, die Seiten gelb, die Flossen und der Schwanz grünlich, der Leib mit rothen, grünen und weißen Flecken übersäet, wovon die letztern sehr glänzend waren; er hatte weit offene Augen mit einer rothen Iris, deren äußere Ränder gelb waren.

Endlich ist noch ein fünfter elektrischer Fisch, der trichiurus indicus, anguilla indica, bekannt geworden, welcher in den indischen Meeren lebt a).

Diese Beyspiele zeigen, daß es in der Natur Thiere gibt, welche ein vorzügliches Vermögen besitzen, durch äußern auf sie wirkenden Reitz starke Elektricität aus sich zu entwikkeln. Ueberhaupt ist es nunmehr durch die bekannten galvanischen Versuche ausgemacht, daß diese Fähigkeit in der ganzen thierischen Oekonomie anzutreffen ist, welche schon von mehreren lange vor denselben ist gemuthmaßet worden. Vielleicht gab die Natur den angeführten Fischen diese sonderbare Eigenschaft dieserwegen in einem so hohen Grade, damit sie sich dadurch ihrer gemachten Beute versichern, vielleicht auch größere Thiere, die ihnen etwa schaden möchten, entfernen zu können.

M. s. Cavallo vollständ. Abhandlung der Lehre von der Elektricität, aus d. Engl. B. II. Leipz. 1797. 8. S. 227 ff.

Zittern, Zitterung (tremor, frémissement). Diesen Nahmen hat man derjenigen Bewegung beygelegt, bey welcher die kleinsten Theilchen der schallenden Körper sehr schnelle und kurze Vibrationen machen sollen. Allein es ist schon unter dem Artikel **Schall** angeführt worden, daß dieses Zittern der kleinsten Theile zum Schalle nicht nothwendig ist, und bey klingenden Körpern gar nicht vorhanden sey, indem hierbey vielmehr ganze Stellen unbewegt bleiben und

a) S. die Gmelinsche Ausgabe von Linne's Natursystem. Tom. I. P. III. p. 1142.

und um diese herum die übrigen Theile nicht zittern, sondern vielmehr schwingen.

Zodiakallicht s. Thierkreislicht.

Zodiakus s. Thierkreis.

Zoll s. Fuß.

Zonen s. Erdstriche.

Zuckersäure s. Sauerkleesäure.

Zug, Ziehen (ductus, tractus, tractio, traction). Wenn ein Körper durch Theile mit diesen so verbunden ist, daß sie sich nicht anders bewegen können, ohne den Körper zugleich mit fortzunehmen, so sagt man, wenn diese Bewegung entweder wirklich erfolgt, oder doch wenigstens ein Bestreben hat, mit fortgeführt zu werden, daß jene Theile (oder auch ein anderer Körper, oder die Kraft desselben) den Körper **ziehen**. So ziehen die Gewichte an einer Uhr, und bringen das ganze Uhrwerk in Bewegung u. s. f. Ueberhaupt sind **Zug**, Druck und Stoß Ausdrücke, welche Kräfte bezeichnen, die nur in Ansehung ihrer Richtungen von einander verschieden sind. Bey allen diesen findet Mittheilung der Bewegung Statt, welche sich völlig nach eben den Gesetzen richtet, die für den Stoß unelastischer Körper gelten. (Th. IV. S. 835 ff.) Denn wenn zwey Massen M und m, welche mit den Geschwindigkeiten C und c nach einerley Richtung angetrieben werden, durch eine Stange oder durch ein gespanntes Seil verbunden sind, daß sie während der Bewegung ihre Entfernung von einander nicht ändern können, und folglich eine gemeinschaftliche Geschwindigkeit = x annehmen müssen, so werden sich die Größen ihrer Bewegungen, d. i. MC und mc zu der Summe MC + mc verbunden, welcher die wirklich Statt findende Bewegung beyder Massen mit der gemeinschaftlichen Geschwindigkeit x, oder (M + m)x gleich seyn muß, weil kein Grund vorhanden ist, warum von den Bewegungen MC und mc etwas verloren gehen sollte. Folglich hat man hier eben so, wie oben (Th. IV. S. 837.)

$$x = \frac{MC + mc}{M + m}$$

Wenn

Wenn die gezogene oder nachfolgende Masse, die m seyn mag, in Ruhe ist (welches der gewöhnliche Fall ist), so ist alsdann $c = o$, und man hat

$$x = \frac{MC}{M + m}.$$

Gesetzt aber, die gezogene Masse hätte schon an sich ein Bestreben nach der nähmlichen Richtung zu gehen, oder bewegte sich wirklich, wie der vorangehende, so muß, wenn ein Zug Statt finden soll, ihre Geschwindigkeit wenigstens um etwas geringer, als die der vorangehenden, oder $c < C$ seyn. Denn im Fall beyde Geschwindigkeiten einander gleich wären, so würde jede Masse für sich mit ihrer Geschwindigkeit sich fortbewegen, ohne eine Wirkung auf die Bewegung der andern zu haben; und wäre $c > C$, so würde das Seil zwischen beyden nicht gespannt, sondern schlaff bleiben, daß folglich kein Zug Statt haben könnte; oder wäre die Verbindung durch eine unbiegsame Stange gemacht, so würde die nachfolgende geschwindere Masse die vorangehende vor sich her schieben, nicht von ihr gezogen werden.

Hätte endlich die Masse m eine Bewegung nach der entgegengesetzten Richtung, so muß, wenn sie gezogen werden soll, $mc < MC$ seyn. Wären nähmlich in diesem Falle beyde Bewegungen einander gleich, so heben sie sich gerade auf, und es ruhen beyde Massen; wäre aber $mc > MC$, so erfolgt Bewegung nach der entgegengesetzten Seite, und es wird nun m die vorangehende Masse, welche die andere M nachzieht.

Ueber dieß ist leicht zu begreifen, daß beym Zuge alle die Veränderungen, wie beym Stoße, welche ein jeder Körper im Zustande des andern hervorbringt, entgegengesetzt und gleich sind. Der ziehende Körper ändert nicht bloß den Zustand desjenigen Körpers, den er ziehet, und ihn dadurch aus der Ruhe in Bewegung bringt, sondern er verliert von seiner wirkenden Kraft gerade so viel, als er dem gezogenen mittheilt, oder als er anwenden muß, um den gezogenen fortzubewegen. Denn hier findet der Satz Statt, Wirkung

und Gegenwirkung sind alle Mahl einander gleich, und es kann hier unmöglich, wie sich es die Atomistiker vorstellen, die Trägheit des fortgezogenen Körpers entgegenwirken. M. s. **Gegenwirkung, Trägheit.**

Wenn zwey Massen M und m von ungleichem Gewichte vermittelst eines um eine Rolle gelegten Seiles mit einander verbunden sind, so wird die schwerere Masse M herabsinken, und eben daher die leichtere Masse m steigen, oder von der schwerern Masse M in die Höhe gezogen werden. Hier wird nothwendig M so viel von seinem Gewichte verlieren, als m wiegt, so daß M nur noch mit dem Gewichte von M — m herabsinkt, oder daß die bewegende Kraft bloß M — m wäre. Weil aber die Verbindung beyder Massen M und m durch das Seil macht, daß beyde Massen mit gleicher Geschwindigkeit sich fortbewegen müssen, so muß nun die bewegende Kraft M — m beyde Massen M und m zugleich in Bewegung bringen; daher ist die beschleunigende Kraft $= \frac{M - m}{M + m}$. Da nun diese Kraft eben so, wie die Schwere, ununterbrochen wirkt, so werden beyde Massen mit gleichförmig beschleunigter Bewegung fortgehen, jedoch so, als ob sie nicht von der gewöhnlichen Schwere getrieben würden, sondern von einer geringern, welche sich zur gewöhnlichen, wie $\frac{M - m}{M + m} : 1$ verhielte.

Dieß Nähmliche ergibt sich aus der allgemeinen Formel des Zugs auf diese Art. Man setze nähmlich die Geschwindigkeit, welche die Schwere in einer gewissen Zeit hervorbringt, $= g$, so kann man annehmen, beyde Massen M und m, welche den Faden nach entgegengesetzten Richtungen spannen, würden von Kräften getrieben, welche ihnen die Geschwindigkeiten $C = g$ und $c = - g$ zu geben strebten. Setzt man nun diese Werthe in die allgemeine Formel für den Zug, so ergibt sich die Geschwindigkeit, welche die bey-

den

den Massen in derselben Zeit erlangen, $x = \frac{Mg - mg}{M + m}$, welches sich zu g wie $\frac{M - m}{M + m} : 1$ verhält.

Exemp. Es wiege die Masse $M = 18$ Pfund, $m = 2$ Pfund, so ist die beschleunigende Kraft $= \frac{18 - 2}{18 + 2} = \frac{16}{20}$ $= \frac{4}{5}$ der Schwere, und der Raum, durch welchen die Masse M in einer Sekunde sinkt, und m in derselben steigt, $= \frac{4}{5} . 15,625 = 12,5$ rheinl. Fuß. Bey wirklich angestelltem Versuche würde dieser Raum wegen der Friktion, und wegen des Widerstandes desjenigen Mittels, worin sich die Massen bewegen, um ein Beträchtliches kleiner seyn; über dieß auch noch darum ein Unterschied Statt finden, weil das Gewicht des Seils mit in Betrachtung kommt, wovon während der Bewegung der niedergehende Theil immer länger und daher schwerer, der aufsteigende aber nach und nach kürzer und immer leichter wird. Um nun diese Schwierigkeit zu heben, hat Schober*) unter der obern Rolle noch eine zweyte von gleicher Größe befestigt, und die Schnur, wie ein Seil ohne Ende, um beyde Rollen herumgeführt. Auf diese Art bleibt beständig auf beyden Seiten der Rolle gleichviel von der Schnur, welche man also ganz wiegen, und annehmen kann, die Hälfte ihres Gewichtes wachse dem M, die andere Hälfte dem m zu. Bey einem Versuche Schober's wog die Schnur ohne Ende 8 Loth, auf einer Seite war 66 Loth $= M$, auf der andern Seite 64 Loth $= m$ befestigt. Man nimmt an, das Reiben habe 1 Loth betragen, welches von der bewegenden Kraft $M - m$ noch abzuziehen ist. Daraus findet man nun die beschleunigende Kraft $= \frac{66 - 64 - 1}{66 + 64 + 8} = \frac{1}{138}$ der Schwere. Diesem zu Folge sollten die Massen M und m in einer Sekunde durch $\frac{15,625}{138}$ rheinl. Fuß gehen, und um

*) Theorie der Ueberwucht, gegen zuverlässige Experimente gehalten. Leipz. 1751. 8.

54 Pariser Fuß zu durchlaufen 22,2168 Sekunden Zeit gebrauchen. Drey Versuche gaben Schober'n für diese Zeit 23; 22; 22 Sekunden.

Da überhaupt die Schwere der Körper in einem Bestreben besteht, sich nach der stärkern Anziehung hin zu bewegen, mithin der Körper dem Zuge des stärker ziehenden Körpers folgt; so sieht man leicht, daß alle vorgetragenen Sätze überhaupt in allen Fällen ihre Anwendung finden, in welchen sich Bewegungen bestimmten Massen mittheilen, die sich alsdann zusammen mit einer gemeinschaftlichen Geschwindigkeit bewegen müssen. Gesetzt es gäbe Bestandtheile von negativer Schwere, und das Gewicht der positiv schweren Theile $= M$, und die bewegende Kraft, womit die negativ schweren aufwärts strebten, $= m$ genannt würde, so würde das wirkliche Gewicht des ganzen Körpers $= M - m$ seyn. Wenn nun die negative Schwere einen jeden Theil von m eben so stark aufwärts als die positive jeden Theil von M herab triebe, so werden auch die Massen beyder Sorten von Bestandtheilen durch M und m ausgedrückt werden, und beym freyen Falle eines solchen Körpers wird das Gewicht $M - m$ die Masse $M + m$ zu bewegen haben. Auf solche Art wird die beschleunigende Kraft, welche den Körper zum Fallen treibt (die gewöhnliche Schwere $= 1$ gesetzt), $= \frac{M - m}{M + m}$ werden, welches den Fallraum in einer Sekunde $\frac{M - m}{M + m}$ gibt. Da nun $\frac{M - m}{M + m}$ offenbar kleiner, als 1 ist, so müßte die Verbindung mit negativ schweren Theilen nothwendig die Beschleunigung des Falles, mithin auch die Geschwindigkeit des Pendels u. s. w. vermindern, eben so, als wenn die über eine Rolle an einem Faden herabhängende leichtere Masse m ein langsameres Herabsinken der schwerern Masse M bewirkt. Vormahls hatte Herr Gren, um gewisse Erscheinungen des Verbrennens zu erklären, eine Verbindung von positiv und negativ schwerer Bestandtheile behauptet.

hauptet. Allein die Herren Mayer und Hindenburg haben Herrn Gren vorzüglich durch die Allgemeinheit dieses angeführten Gesetzes widerlegt.

M. s. Kästner Anfangsgründe der höhern Mechanik. Absch. I. § 51. Absch. III. §. 74 u. f.

Zuleiter s. Elektrisirmaschine.

Zurückprallung s. Zurückwerfung.

Zurückstoßen s. Abstoßen.

Zurückwerfung, Zurückprallung, Abprallung, Zurückspringen, Reflexion (reflexio, réflexion). Hierdurch deutet man überhaupt die Veränderung der Richtung an, welche Körper, die bewegt sind, dadurch erleiden, daß sie an Hindernisse stoßen, und dadurch abgehalten werden, ihre Bewegung in ihrer ursprünglichen Richtung fortzusetzen. Es kann aber keine Zurückwerfung Statt finden, wofern nicht wenigstens der eine Körper, entweder der ankommende, oder derjenige, der dem ankommenden in seiner Bewegung hinderlich ist, einen gewissen Grad von Elasticität besitzt. Wenn es wirklich völlig unelastische Massen gäbe, so würde gar kein Zurückspringen Statt finden können, und wenn alsdann das Hinderniß völlig unbeweglich wäre, so würde nach dem geraden Stoße die Bewegung des ankommenden Körpers völlig vernichtet, und folglich die Bewegung ganz aufhören. Da es aber in der Natur keinen völlig unelastischen Körper gibt, so wird auch jeder Körper, der in seiner Bewegung gegen ein Hinderniß stößt, Wirkungen des Zurückspringens zeigen, wenn sie auch sehr klein ausfallen können.

Vermöge der Erfahrung springen diejenigen Körper, welche senkrecht gegen ein Hinderniß stoßen, auch senkrecht wieder zurück, diejenigen aber, welche schief gegen dasselbe stoßen, gehen unter dem nähmlichen Winkel, unter welchem sie anstoßen, zurück, so daß der Zurückwerfungswinkel dem Einfallswinkel gleich ist.

Man nehme zuerst an, das Hinderniß sey vollkommen elastisch, und seine Vorderfläche werde von einem vollkommen harten Körper senkrecht gestoßen, so wird die Kugel einen

Eindruck in das Hinderniß machen, und die Gestalt desselben ein wenig ändern. Hierbey wird nun eine gewisse Zeit verfließen, während dessen die Geschwindigkeit des bewegten Körpers eine beständige Verminderung erleidet, bis endlich seine Bewegung gänzlich aufhört, und die Veränderung der Gestalt am Hindernisse das Maximum erreicht hat. Hiernächst wird aber dasselbe vermöge seiner Elasticität seine vorige Gestalt wieder annehmen, und auf den bewegten Körper eine eben so große Geschwindigkeit nach entgegengesetzter Richtung mittheilen, mit welcher er auf das Hinderniß stieß, so nähmlich, daß dieser Körper in einem eben so langen kleinen Zeitraume nach und nach alle diejenigen Grade der Geschwindigkeit, die er während des Stoßes verloren hatte, in umgekehrter Ordnung wieder erhält.

Dieß Nähmliche wird erfolgen, wenn das Hinderniß vollkommen hart, der bewegte Körper aber vollkommen elastisch wäre. In diesem Falle wird nun der ankommende Körper durch den Stoß seine Gestalt so lange ändern, bis seine ganze Bewegung aufhört; alsdann stellt sich vermöge seiner Elasticität die vorige Gestalt wieder her, und da dieses wegen des unbeweglichen Hindernisses nicht anders erfolgen kann, als mit Fortschiebung seiner Theile, so muß der Körper die ganze durch Stoß und Zusammendrückung verlorene Geschwindigkeit rückwärts wieder bekommen.

Eben dieß erfolgt endlich noch, wenn beyde, der Körper und das Hinderniß, vollkommen elastisch sind. Denn in diesem Falle ändern beyde ihre Gestalt so lange, bis die Bewegung aufhört; weil aber alsdann vermöge der Elasticität in jedem Körper die Veränderung wieder hergestellt wird, welche er erlitten hat, so erhält auch hier der bewegte Körper eben so viel als er verloren hatte, d. h. seine ganze vorige Geschwindigkeit rückwärts wieder.

Dasselbe Resultat läßt sich auch aus den Gesetzen elastischer Körper sehr leicht ableiten. Wenn man nähmlich in dem allgemeinen Ausdrucke (Th. IV. S. 840.) $V = 2x - C$, die eine Masse unbeweglich setzt, wodurch $x = 0$, und daher

V =

$V = -C$ wird, d. h., die Geschwindigkeit ist nach dem Stoß der vor demselben gleich, aber entgegengesetzt.

Wenn der bewegte Körper auf die Ebene des unbeweglichen Hindernisses (fig. 58.) b c in der schiefen Richtung d c trifft, welche mit jener Ebene den Winkel d e c macht, so wird das Hinderniß zuerst in k berühren, und in dasselbe nach und nach den Eindruck k e i machen, während dessen die Geschwindigkeit seines Fortganges immer mehr Verminderung erleiden. Wenn man sich nun den Körper kugelförmig vorstellt, so wird die vorangehende Hälfte derselben hierbey nicht in ihrer Mitte, sondern an der Seite bey k einen Widerstand leiden; da nun auf solche Art an der andern gegen l zu gerichteten Seite kein Widerstand zu gedenken ist, so werden Veränderung der Gestalt und Verminderung der Bewegung jetzt nicht nach der Richtung e d erfolgen, sondern vielmehr nach der Richtung k i anfangen, und des Körpers wahre Bewegung so ändern, daß sein Schwerpunkt von i bis h, wo die Bewegung ganz aufhört, eine krumme Linie i h beschreibt. Von diesem Momente an aber stellt sich die Gestalt des elastischen Hindernisses wieder her, und gibt den Theilen in umgekehrter Ordnung die vorige Geschwindigkeit wieder. Der Erfolg hiervon ist, daß der Körper von h bis g diese krumme Linie beschreiben müsse, wie h i ist, daher der Körper in g das Hinderniß mit derselben Geschwindigkeit verläßt, womit er in k dasselbe zuerst berührte, und der Zurückwerfungswinkel a e b dem Einfallswinkel d e c vollkommen gleich wird. Eben so leicht wird es mit den gehörigen Abänderungen begreiflich, daß dasselbe Gesetz Statt findet, wenn das Hinderniß entweder vollkommen hart, und der ankommende Körper vollkommen elastisch, oder wenn beyde Körper vollkommen elastisch sind.

Auch läßt sich dieß erweisen, wenn man die Bewegung des Körpers nach d e in zwey Seitenbewegungen zerlegt, deren eine auf die Ebene des Hindernisses senkrecht, die andere aber mit ihr parallel geht. Diese Bewegungen sind d c und d f. Die erstere d o oder f e, welche die Ebene b c

 senkrecht

senkrecht trifft, wird von selbiger nach dem vorhin erwiesenen Gesetze der Abprallung beym senkrechten Stoße so zurückgeworfen, daß nach dem Stoße eine eben so geschwinde Bewegung nach der entgegengesetzten Richtung ef erfolgt; die andere df erleidet gar keine Aenderung, weil ihr die Ebene nicht im Wege stehet; sie dauert also nach dem Stoße in der Richtung da ungeändert fort. So läßt sich die ganze Bewegung nach dem Stoße als zusammengesetzt aus den beyden Seitenbewegungen ef und fa ansehen; sie erfolgt also in ea der Diagonale des Rechteckes abef, welche wegen der Gleichheit der Dreyecke aeb und dec der Linie de gleich ist, mit der Ebene bc den Winkel bea = dec macht, und in der erweiterten Ebene dec oder dfe liegt, so daß hieraus folgendes allgemeines Gesetz der Zurückwerfung erhellet.

Der Weg des abprallenden Körpers liegt in einer Ebene, welche durch die Linie de, nach welcher der Körper auffiel, auf die zurückwerfende Ebene bc senkrecht steht, und macht mit der letztern einen eben so großen Winkel, als denjenigen, unter welchem der Körper auffiel; auch wird der neue Weg ea mit derselben Geschwindigkeit, wie der vorige de, zurückgelegt.

Dieß Gesetz begreift auch denjenigen Fall in sich, da der Körper senkrecht auf das Hinderniß stößt, und in derselben Linie gleich geschwind zurückgeht, wobey fec und feb beydes rechte Winkel werden.

Kürzer wird dieß Gesetz so ausgedrückt: der zurückgeworfene Körper bleibt in der Zurückwerfungsebene durch de und fe (dem Einfallsloth) behält seine vorige Geschwindigkeit, und dabey ist der Zurückwerfungswinkel aeb dem Einfallswinkel dec gleich. Hierbey wird unter dem Einfallswinkel derjenige Winkel verstanden, welchen der Weg des auffallenden Körpers mit der zurückwerfenden Fläche macht. Wenn man darunter den Winkel fed verstehen will, welchen dieser Weg mit dem Einfallslothe macht, und welcher die Ergänzung des vorigen zu 90 Grade ist (wie bey der

Lehre vom Lichte zu geschehen pflegt. M. s. Einfallswinkel), so muß man in dem Gesetze der Zurückwerfung auch statt des Zurückwerfungswinkels a e b sein Complement a e f zu 90° setzen.

Dieß Gesetz hat freylich nur bey Körpern Statt, welche als vollkommen elastisch angenommen werden können. In der Natur gibt es aber dergleichen nicht; daher erlangt in der Ausübung der zurückprallende Körper nicht völlig seine vorige Geschwindigkeit wieder, folglich wird e a etwas kleiner, als d e. Und da e b unverändert bleibt, so wird der Zurückwerfungswinkel a e b etwas kleiner, als der Einfallswinkel d e c war. Außer dem sind auch noch andere gewöhnliche Hindernisse, Reiben und Widerstand der Luft vorhanden, welche dieß Gesetz in etwas abändern. Dem Gesetze gemäß sollte eine vollkommen elastische Kugel, welche man auf einen festen Boden fallen läßt, eben so hoch zurückspringen, als sie herabfiel; von dieser Höhe müßte sie dann zum zweyten Mahle herabfallen, und abermahls so hoch zurückspringen u. s. w.; so daß ihr abwechselndes Fallen und Aufspringen der Regel nach unvermindert ins Unendliche fortdauern sollte. Allein die Unvollkommenheit der Elasticität und die Hindernisse der Bewegungen verursachen, daß die Höhen, auf welche sie springt, nach und nach immer kleiner werden, und daß sie zuletzt ganz auf dem Boden ruhend bleibt. Eben dieß zeigt sich auch beym schiefen Abspringen.

Indessen wird man in solchen Fällen, wo so wohl der bewegte Körper, als auch das Hinderniß, wogegen er stößt, einen hohen Grad von Elasticität besitzen, beym ersten Abprallen keine sonderliche Abweichung von der Regel wahrnehmen, wie z. B. bey der Abprallung der elfenbeinernen Kugeln an den Banden des Billards. Hier sind Einfallswinkel und Zurückwerfungswinkel genau einander gleich, besonders wenn die Geschwindigkeit noch groß ist, und durch Friktion und Umdrehung um die Achse u. s. f., im Momente des Abprallens nicht merklich geändert wird. In der Experimentalphysik pflegt man sich, um das Gesetz der Reflexion

zu versinnlichen, eines kleinen Billards zu bedienen, welchem man der zurückprallenden Kugel den Weg, wel sie nehmen muß, vorzeichnet, indem man den Reflexi winkel eben so groß, als den Einfallswinkel, macht.

Ueberhaupt fällt das Gesetz des Zurückprallens bey zähligen Fällen so deutlich in die Augen, daß es nur geri Aufmerksamkeit erfordert, es so gleich wahrzunehmen. D mußte es sehr frühzeitig entdeckt werden, und es war Alten längst bekannt, nur irrten sie darin, daß sie es ein für alle mögliche Körper allgemein geltendes Bewegun gesetz annahmen.

Dieser Irrthum verleitete den Descartes, alles Zur springen überhaupt als unmittelbare und nothwendige Fo der gehinderten vorigen Bewegung zu betrachten, und d Elasticität, von welcher er ohnehin keinen richtigen Beg hatte, hierbey gar keine Rücksicht zu nehmen. Er betrac tete nähmlich die Bewegung durch fe nicht als das Entg gengesetzte der vorigen Bewegung durch ef; er betrachtet vielmehr beyde Bewegungen als gleichartig, und die Ruh als das Entgegengesetzte von beyden, und legte dem Körper die Bewegung als etwas Wesentliches bey, das ihn hinderte, in Ruhe zu kommen, und ihn nöthigte, rückwärts zu gehen wenn er weiter vorwärts zu gehen gehindert werde. Beym schiefen Stoße glaubte er, werde derjenige Theil der Bew gung, welcher auf die Ebene des Hindernisses senkrecht trifft, zurückgewendet, und verbinde sich nachher mit dem andern unveränderten Theile so, daß daraus das Abprallen unter gleichem Winkel erfolge. Hierbey macht er keinen Unterschied unter elastischen und unelastischen Körpern, und leitet Alles aus der fortdauernden Kraft, sich zu bewegen, her, welche den Körper nicht ruhen lasse, sondern rückwärts treibe, wenn er vorwärts durch ein Hinderniß gehemmt werde. Er nahm also auch keinen Zeitraum an, durch welchen das Zurückprallen daure, sondern ließ sie in dem einzigen Augenblicke der Berührung geschehen, und den Körper seine Geschwindigkeit ohne alle Veränderung behalten.

Erst

Erst die Erfinder der wahren Gesetze des Stoßes mach-
n den richtigen Unterschied zwischen den harten und elasti-
gen Körpern, und betrachteten alle Zurückwerfung als Folge
r Elasticität. Wren und Huygens bemerkten ganz rich-
g, daß Bewegung nach entgegengesetzter Richtung nicht
nders erfolgen kann, als durch Ruhe, und daß die Bewe-
ungen durch fe und ef sich wie entgegengesetzte Größen
erhalten, deren eine in die andere sich nicht anders, als ver-
mittelst eines Ueberganges durch Null, verwandelt. Diesen
Vorstellungen gemäß wird die vorige Bewegung des an-
oßenden Körpers durch das Hinderniß mit Veränderung
er Gestalt nach und nach aufgehoben, bis endlich ein Au-
enblick der Ruhe erfolgt, und von diesem Augenblicke an
ben so allmählich durch Wiederherstellung der Gestalt die
ntgegengesetzte Bewegung hervorbringt, und das Abprallen
eranlaßt. Hier dauert die Reflexion durch einen Zeitraum,
n dessen erster Hälfte die Geschwindigkeit des Körpers bis
uf Null abnimmt, in der andern Hälfte aber stufenweise
ine gleiche Geschwindigkeit nach entgegengesetzter Richtung
rzeugt wird. Auch wird nun das Zurückspringen lediglich
ine Folge der Elasticität, und findet nur in dem Grade
Statt, in welchem die Körper elastisch sind.

Man kann erweisen, daß unter allen Wegen, welche den
Körper (fig. 59.) von irgend einem Punkte e zu einem an-
dern d so führen, daß er vorher die Ebene ab trifft, und
dann erst nach d geht, derjenige Weg der kürzeste mögliche
sey, welcher durch zwey gerade Linien ec, cd bezeichnet wird,
die mit den beyden aus d und e auf ab gefällten Lothe da
und eb in einerley Ebene liegen, und sich gegen die Ebene
ab unter gleichen Winkeln x und y neigen. Denn vors erste
müssen die Linien, welche auf solche Art von e nach c und
von c nach d gehen, gerade seyn, wenn der Weg ec + cd
der kürzeste mögliche seyn soll; und dann muß der Punkt c,
durch welchen der kürzeste Weg führt, in der Linie ab liegen,
welche die Endpunkte der beyden Lothe eb und da verbindet;
denn läge er außer dieser Linie, etwa in g, über oder unter der
Fläche

Fläche des Papiers, so könnte man von g auf a b die senkrechte d f ziehen, und weil alsdann in den rechtwinkeligen Dreyecken e g f und d g f die Seiten d f und e f kürzer, als die Hypothenusen d g und g e, seyn würden, so wäre der Weg durch e f d kürzer, als der durch e g d, mithin der vorausgesetzte durch den Punkt g führende nicht der kürzeste.

Es ist daher noch zu untersuchen, wo c auf der Linie a b zu nehmen sey, damit der Weg e c + c d ein Kleinstes werde. Man setze nun das Loth e b = α, das Loth d a = β, den Abstand a b = γ, und des Punktes c Entfernung von b oder c b = z, so wird c a = γ − z. Man hat alsdann in den rechtwinkeligen Dreyecken d a c und c e b

$$ec^2 = cb^2 + be^2 = z^2 + \alpha^2$$
$$dc^2 = ad^2 + ac^2 = \beta^2 + (\gamma - z)^2,$$

woraus die Differenziale von e c und d c

$$d.ec = \frac{z\,dz}{ec} \text{ und } d.dc = \frac{(\gamma - z)\,dz}{dc}$$

gefunden werden. Soll nun e c + d c ein Minimum werden, so muß die Summe dieser Differenziale = o, folglich

$$\frac{z}{ec} = \frac{\gamma - z}{dc} \text{ seyn.}$$

Die Betrachtung der Figur zeigt aber, daß von diesen beyden Ausdrücken der erste der Cosinus des Winkels y, der letzte der Cosinus des Winkels x sey. Daraus ergibt sich, daß der Weg e c + d c der kürzeste mögliche ist, wenn der Punkt c so genommen wird, daß die Cosinus der Winkel x und y, oder welches eben so viel ist, diese Winkel selbst einander gleich werden.

Der zurückprallende Körper aber nimmt dem Gesetze der Reflexion gemäß einen geradlinigen Weg, welcher in der Ebene bleibt, in welcher die aus seiner Bahn auf die Ebene des Hindernisses gefällten senkrechten Linien liegen, und in welchem die Winkel x und y gleich sind. Er wird demnach von jedem Punkte seiner Bahn zum andern auf dem kürzesten Wege unter allen möglichen geführt. Versteht man

mit

mit Maupertuis unter Größe der Wirkung das Produkt aus Masse, Raum und Geschwindigkeit, so folgt, daß hier, wo Masse und Geschwindigkeit keine Aenderung leiden, mithin die Größe der Wirkung allein vom Raume abhängt, auch die Wirkung ein Kleinstes sey, daß mithin die Natur bey der Zurückwerfung das Gesetz der Sparsamkeit befolge. M. s. Wirkung. Dieser Satz ist also eine merkwürdige Folge aus den bisher angestellten Betrachtungen; allein es würde zweckwidrig seyn, diesen Satz nach Art Maupertuis als Grundsatz anzunehmen, und das Gesetz der Reflexion daraus beweisen zu wollen.

M. s. Kästner Anfangsgründe der höhern Mechanik, Abschn III. § 173 f.

Zurückwerfung der Lichtstrahlen, Reflexion des Lichtes, Zurückstrahlung (reflexio radiorum lucis, réflexion de la lumière) heißt das Zurückgehen des Lichtes, welches auf Flächen solcher Körper fällt, welche entweder ganz, oder doch in einigem Grade undurchsichtig sind. Stellt man sich vor, daß (fig 60.) von dem leuchtenden Punkte d ein Lichtstrahl in der Richtung de auf die undurchsichtige Fläche bc auffällt, so wird dieser nach ea reflektirt. Ist die Fläche bc zugleich glatt, so gehen die auffallenden Strahlen in eben der Ordnung wieder zurück, als sie auffielen, und zeigen dem Auge Bilder der Objekte, von welchen sie herkommen; eine rauhe Oberfläche hingegen wirft das Licht so unordentlich und nach so mancherley verschiedenen Richtungen zurück, daß das Auge auf ihr keine Bilder der Gegenstände wahrnimmt, sondern nur Erleuchtung bemerkt, wodurch die Fläche selbst sichtbar wird. M. s. Spiegel, Bild. Hierauf gründen sich die Erscheinungen des Sehens durch Spiegel.

Zur Bestimmung des Gesetzes der Zurückstrahlung dienen folgende Betrachtungen: es sey de der einfallende Lichtstrahl, und ef eine auf der Ebene bc durch den einfallenden Punkt e senkrechte Linie. Diese senkrechte Linie heißt das **Einfallsloth** oder **Neigungsloth** (cathetus incidentiae).

tiae), der Winkel, welchen der einfallende Strahl mit dem Neigungslothe macht, oder β der Einfallswinkel (angulus incidentiae), der Winkel, den der zurückgeworfene Strahl e a mit dem Neigungslothe macht, oder α der Zurückwerfungs- oder Reflexionswinkel. Sehr oft werden aber auch diejenigen Winkel, welche der einfallende und zurückgeworfene Strahl mit der Ebene b c selbst nahm, oder die Winkel γ und δ, welche die Ergänzungen von β und α zu 90 Graden sind, die Einfalls- oder Neigungs- und Reflexionswinkel genannt. M. s. Zurückwerfungswinkel. Die Ebene durch das Einfallsloth und den einfallenden Lichtstrahl, oder die erweiterte Ebene des Einfallswinkels heißt die Reflexions- oder Zurückwerfungsebene (planum reflexionis). Das Gesetz der Zurückstrahlung ist nun folgendes:

1. Wenn der Lichtstrahl von einer undurchsichtigen Fläche reflektirt wird, so machen der einfallende und zurückgeworfene Lichtstrahl mit der Fläche selbst, mithin auch mit dem Einfallslothe, gleiche Winkel, oder der Zurückwerfungswinkel ist dem Einfallswinkel gleich.

2. Der zurückgeworfene Strahl bleibt in der Reflexionsebene, welches in der Figur die Fläche des Papiers ist. Es ist daher bey katoptrischen Verzeichnungen erlaubt, die reflektirten Strahlen in der Ebene des Papiers fortgehen zu lassen, wenn nur die einfallenden Strahlen mit dem Neigungslothe ebenfalls in dieser Ebene liegen.

Dieses Gesetz wird durch Erfahrung auf mannigfaltige Art bestätiget. Wenn man ein Objekt in einem Planspiegel betrachtet, so lassen sich aus dem Auge und aus dem Objekte gerade Linien nach dem Punkte des Spiegels, hinter dem es erscheint, ziehen, die mit der Ebene des Spiegels gleiche Winkel machen. Diese Linien sind aber die Wege, welche die zurückgeworfenen und einfallenden Lichtstrahlen nehmen. Gedenke man sich eine Ebene a b c d auf einer ebenen Spiegelfläche b c senkrecht, nimmt e b = e c, und errichtet auch b und c gleiche senkrechte Linien b a und c d,

so

so daß die Winkel δ und γ gleich werden, so wird ein leuchtender Gegenstand in einem Punkte der Linie d e einem Auge, welches sich in der Linie a e befindet, im Spiegel in der verlängerten a e liegen, und nicht mehr gesehen werden, wenn man den Punkt e bedeckt. In einem verfinsterten Zimmer, wo man dem Lichtstrahle den Weg, den er nehmen soll, vorschreiben kann, zeigt sich die Richtigkeit dieses Gesetzes noch deutlicher. Auch kommen alle auf dasselbe gebauete Theorien und Erklärungen mit der Erfahrung vollkommen überein. M. s. die Artikel: **Spiegel, Hohlspiegel, Brennspiegel, Regenbogen.**

Das Gesetz der Gleichheit des Einfalls und Reflexionswinkels ist sehr frühzeitig entdeckt, und von den Alten häufig angeführt worden. Wer es zuerst bemerkt habe, ist unbekannt. Uebrigens kommt dieß Gesetz ganz mit dem allgemeinen Gesetze überein, nach welchem Körper von unbeweglichen Hindernissen vermittelst der Elasticität reflektirt werden. M. s. **Zurückwerfung.** Daher kommt es, daß man die Zurückstrahlung als eine Wirkung des Stoßes betrachtete welchen das Licht auf undurchdringliche Hindernisse erleidet. **Cartesius**, welcher überhaupt die Reflexion als wesentliche Folge der Bewegungskraft ansah, erklärte die Zurückstrahlung eben so, wie jede Zurückwerfung fester Körper. Nach seiner Meinung gehe ein senkrecht anstoßender Lichtstrahl in sich selbst zurück, weil sich das stoßende Lichttheilchen gerade rückwärts bewegen muß, da es vorwärts zu gehen gehemmt wird, und doch vermöge seiner Bewegungskraft nicht ruhen kann; fällt der Lichtstrahl schief auf, so läßt sich diese Bewegung nach zwey Richtungen zerlegen, so daß ein Theil auf die zurückwerfende Fläche senkrecht, der andere mit ihr parallel ist; nach jener wird das Licht senkrecht reflektirt, nach dieser behält es seine vorige Bewegung unverändert bey; aus beyden entsteht eine neue zusammengesetzte Bewegung nach einerley Diagonale, welche mit der reflektirenden Fläche selbst auf der entgegengesetzten Seite einen eben so großen Winkel macht, als der Weg des einfallenden Strahls mit eben derselben Fläche auf jener Seite bildete.

Auch Huygens, der Erfinder der Gesetze des Stoßes, betrachtete die Zurückstrahlung als eine Wirkung des Stoßes. Nach ihm besteht das Licht aus wellenförmig fortgepflanzten Schwingungen eines elastischen Mittels, und geht nach Linien fort, auf welchen die neben einander liegenden Reihen der einzelnen Schwingungen oder ihrer Mittelpunkte senkrecht stehen. M. s. Brechung der Lichtstrahlen. Da nun jedes elastische Theilchen, wenn es an eine Fläche stößt, unter gleichem Winkel reflektirt wird, so werden auch ganze Reihen solcher Theilchen nach eben dem Gesetze zurückgeworfen, und der Fortgang des Lichtes selbst nimmt einen Weg, der sich nach eben dieser Regel richtet. Diese Erklärung der Zurückstrahlung hat Euler *) in sein System aufgenommen; und da durch dieses Zurückwerfen bloß die Richtung, nicht aber die Geschwindigkeit geändert wird, so erklärt er daraus, warum bey der Zurückstrahlung keine Farbenzerstreuung entstehe, weil nähmlich die Pulsus bloß ihre Richtung ändern, ohne in ihren Abständen von einander und in ihrer schnelleren oder langsameren Succession, wovon die Farben abhangen, die mindeste Veränderung zu leiden. Uebrigens unterscheidet Euler noch spiegelnde und bloß erleuchtete Flächen so von einander, daß jene die anstoßenden Pulsus selbst reflektiren, wodurch im Auge die Erscheinung des Bildes entsteht, diese hingegen durch den anstoßenden Aether selbst in neue Schwingungen gerathen und selbige bis zum Auge fortpflanzen, wodurch sie selbst als erleuchtete Flächen mit ihrer eigenthümlichen Farbe sichtbar werden. M. s. Licht.

Obgleich diese mechanische Erklärung sehr einfach zu seyn scheint, so finden sich doch bey genauerer Betrachtung Schwierigkeiten, welche schwerlich gehoben werden können. Wenn man alle Umstände der Erscheinungen gehörig untersucht, so wird man es mit Newton *) nicht mehr wahrscheinlich finden, daß die Zurückstrahlung eine Wirkung des Stoßes der Lichtstrahlen an undurchsichtige Flächen sey. Vielmehr kommen bey der Reflexion des Lichtes Umstände vor, welche sich aus dem

*) Optice. Lib. II. Part. III. prop. VII.

dem Anstoßen des Lichtes gar nicht erklären lassen. Newton's Gründe, warum die Zurückstrahlung nicht in dem Anstoßen des Lichtes bestehen könne, sind folgende:

1. Beym Ausgange des Lichtes aus Glas in Luft wird es so stark zurückgeworfen, als beym Eingange desselben aus Luft in Glas, ja zuweilen stärker als beym Ausgange aus Glas in Wasser. Es ist aber nicht wahrscheinlich, daß die Luft Theile besitzen sollte, welche zur stärkern Zurückwerfung des Lichtes geschickter wären, als das Wasser oder das Glas. Wollte man sich dieß auch so gedenken, so würde daraus weiter kein Vortheil entspringen; denn die Zurückwerfung ist eben so stark und noch stärker, wenn man die Luft von der Hinterfläche des Glases wegnimmt.

2. Wenn das Licht, indem es aus Glas in Luft übergehen will, unter einem schiefern Winkel, als 40 oder 41 Grade, einfällt, so wird es sämmtlich zurückgeworfen; fällt es aber unter einem kleinern Winkel ein, so wird der größte Theil desselben durchgelassen. Man könne doch, sagt Newton, unmöglich behaupten, daß das Licht, wenn es unter einem gewissen schiefen Winkel einfalle, so viele Durchgänge in der Luft antreffe, daß der größte Theil desselben ungehindert durchgehen könne, da es im Gegentheil, wenn es unter einem andern schiefen Winkel einfalle, nur undurchdringliche Theile der Luft treffen sollte, welche den Durchgang desselben verhinderten; besonders da es beym Ausgange aus Luft in Glas, so schief es auch einfalle, beständig so viele Durchgänge antreffe, daß es größten Theils durchs Glas gehe.

3. Wenn man die Farben, welche durch ein Prisma im dunkeln Zimmer von einander abgesondert sind, nach und nach auf ein zweytes Prisma, in einer ziemlichen Entfernung von dem erstern, und alle unter denselben Neigungswinkeln gegen dasselbe fallen läßt, so kann man dieses zweyte Prisma gegen die einfallenden Strahlen so stellen, daß die blauen alle zurück, die rothen aber größten Theils durchgehen. Würde nun die Zurückstrahlung von dem Anstoßen auf undurchdringliche Luft- oder Glastheilchen verursacht, so fragt Newton,

warum bloß die blauen Strahlen auf undurchdringliche Theile treffen, die sie zurücksenden, die rothen aber Durchgänge genug finden?

4. Wenn die Zurückstrahlung bloß durch den Anstoß auf undurchdringliche Theile bewirkt würde, so wäre es unmöglich, daß dünne Scheiben oder Blasen an ein und der nähmlichen Stelle Strahlen von einer gewissen Farbe zurückwerfen, und die von einer andern Farbe durchlassen. Denn man könne sich auf keine Weise gedenken, es geschähe zufälliger Weise, daß an einer Stelle gewisse Strahlen, z. B. die blauen, auf die undurchdringlichen Theile des Körpers stießen, und die rothen Durchgänge fänden; hingegen an einer andern Stelle, wo der Körper etwas dicker oder dünner ist, die blauen Strahlen auf Durchwege, die rothen auf undurchdringliche Theile selbst träfen.

5. Wenn die Lichtstrahlen vom Anstoßen auf undurchdringliche Theilchen zurückgeworfen würden, so könnten sie von polirten Körpern nicht so regelmäßig zurückgehen, als es wirklich geschieht. Denn wenn man Glas mit Sand, Smergel und Tripel polirt, so muß man nicht glauben, daß durchs Reiben mit diesen Materien die kleinsten Theilchen desselben alle so platt werden, daß sie zusammen eine vollkommene Ebene oder Kugelfläche bildeten. Durch die feinste Politur werden dem Glase nur die Ungleichheiten so weit benommen, daß sie nicht ins Auge fallen. Würde also das Licht durchs Anstoßen an die undurchdringlichen Theile des Glases zurückgeworfen, so müßte es von einem vollkommen polirten Glase eben so unordentlich zerstreuet werden, wie von einem ungeschliffenen. Es bleibt also noch die Frage, wie polirtes Glas das Licht so ordentlich reflektiren könne, als es in der That geschieht? Diese Frage läßt sich schwerlich befriedigender beantworten, als daß man annimmt, die Zurückstrahlung werde nicht von einem einzigen Punkte des zurückwerfenden Körpers, sondern von einer gewissen über der ganzen Oberfläche desselben verbreiteten Kraft verursacht, durch welche er auf den Lichtstrahl, ohne ihn zu berühren, wirkt. Daß aber die

 Theile

Theile der Körper auf das Licht in einiger Entfernung wirken, erhellet aus den Erscheinungen der Beugung des Lichtes. M. s. Beugung des Lichtes.

Newton fiel zuerst darauf, anziehende und zurückstoßende Kräfte in den Körpern anzunehmen, welche schon in einer gewissen Entfernung von denselben auf das Licht wirkten, und suchte aus diesen Voraussetzungen die Zurückwerfung und Brechung des Lichts herzuleiten. Um nun hier Wiederhohlungen zu vermeiden, verweise ich auf den Artikel **Brechung der Lichtstrahlen**. Seine Gründe der Behauptung, daß Zurückstrahlung und Brechung von einerley Ursache herrühre, sind diese: 1) wenn Licht aus Glas in Luft in der größt möglichsten schiefen Richtung geht, und die Schiefe des Einfallens wird ein wenig größer, so wird das Licht sämmtlich zurückgeworfen. Denn die Kraft des Glases, nachdem sie das Licht so schief als möglich gebrochen hat, wird zu stark, wenn es noch schiefer auffällt, als daß noch Strahlen durchgehen könnten; daher alsdann eine gänzliche Zurückwerfung erfolgt; 2) das Licht wird von dünnen Glasscheiben wechselsweise vielmahl nach einander zurückgeworfen und durchgelassen, so wie die Dicke des Glasscheibchens in arithmetischer Progression zunimmt. Denn hier hängt es von der Dicke des Glases ab, ob die Kraft, womit das Glas auf das Licht wirkt, die Zurückwerfung bewirken, oder es durchlassen soll; 3) weil diejenigen Oberflächen der Körper, welche das Licht am stärksten brechen, es auch am stärksten zurücksenden.

Endlich bemerkt Newton noch, daß wenn die Zurückwerfung des Lichtes nicht vom Anstoßen auf die undurchdringlichen Theilchen der Körper, sondern von einer andern Ursache abhänge, alsdann vermuthlich alle Strahlen, welche auf die undurchdringlichen Theile stoßen, nicht zurückgeworfen, sondern erstickt und gänzlich zernichtet werden. Außer dem müßte man sich, sagt er, zweyerley Arten der Zurückwerfung des Lichtes gedenken. Denn würden alle Strahlen, welche auf die innern Theile durchsichtigen Wassers oder Kry-

stalles treffen, zurückgeworfen, so würden die Körper nicht hell und durchsichtig, sondern trübe und dunkel scheinen. Ferner, wenn Körper schwarz sehen sollen, so müssen sehr viele Strahlen von ihnen aufgefangen, verschluckt werden, und in ihrem Innern sich verlieren; es scheint aber nicht anders wahrscheinlich zu seyn, daß Strahlen verschluckt werden und verloren gehen können, als wenn sie gegen die undurchdringlichen Theile der Körper stoßen. Hieraus, sagt er ferner, könne man einsehen, daß Körper viel lockerer wären und weit mehrere Zwischenräume hätten, als man sich gewöhnlich vorstelle.

Photometrische Untersuchungen über die Zurückstrahlung finden sich unter dem Artikel Licht.

M. s. Kästner Anfangsgründe der Katoptrik. §. 8. u. f. *Montucla* histoir. des mathematiques. Tom. II. P. IV. L IX. art. 6. Fischer's Geschichte der Physik. Th. II. Abschn. II Kap. I. und Th. III. Abschn. II. Kap. I.

Zurückwerfungsebene (planum reflexionis, plan de réflexion) heißt diejenige Ebene, welche bey der Zurückwerfung der Körper oder des Lichts durch den Weg des auffallenden Körpers oder des einfallenden Lichtstrahls und des Neigungslothes geht. In dieser Ebene bleibt auch der zurückgeworfene Körper, oder der zurückgeworfene Lichtstrahl. M. s. Zurückwerfung, Zurückwerfung der Lichtstrahlen.

Zurückwerfungswinkel, Reflexionswinkel (angulus reflexionis, angle de réflexion). Hierunter versteht man gewöhnlich denjenigen Winkel, welchen der Weg des zurückgeworfenen Körpers oder des zurückgeworfenen Lichts mit der reflektirenden Ebene macht. Dieser Winkel ist vermöge des Gesetzes der Zurückwerfung dem Einfallswinkel gleich.

Beym Lichte ist es doch noch gewöhnlicher, unter dem Zurückwerfungswinkel denjenigen Winkel zu verstehen, welchen der reflektirte Strahl mit dem Einfallslothe macht. Alsdann ist aber der Einfallswinkel derjenige, welchen der einfallende Strahl mit dem Einfallslothe bildet.

Zusam-

Zusammendrückung s. Verdichtung.

Zusammenhang s. Cohäsion.

Zusammenkunft s. Aspekten.

Zusammensetzung (synthesis, compositio, composition) heißt die Verbindung mehrerer Theile zu einem einzigen Ganzen oder Körper. Weil die Theile der Körper von einer doppelten Art sind, entweder unter sich und mit dem Ganzen gleichartig oder ungleichartig, m. s. **Theile der Körper**, so findet auch eine doppelte Art von Zusammensetzung Statt. Werden nähmlich gleichartige Theile durch bloßes Nebeneinanderlegen so mit einander verbunden, daß das Ganze einerley Natur und Beschaffenheit mit seinen Theilen hat, wie z. B. wenn Wasser zu Wasser gebracht wird, so heißt dieß eine **Zusammenhäufung** (aggregatio, synthesis mechanica); wenn hingegen ungleichartige Bestandtheile durch chemische Einwirkung auf einander sich so mit einander vereinigen, daß sie einen Körper von eigener Natur und Beschaffenheit bilden, so heißt dieß eine **Mischung** (mixtio, synthesis chemica).

Zusammensetzung der Kräfte und Bewegungen (compositio virium et motus, composition des forces et du mouvement). Wenn die Richtungen mehrerer Bewegungen Winkel mit einander machen, so entsteht hieraus eine Bewegung nach einer gewissen zwischen die vorigen fallenden Richtung, welche man eine zusammengesetzte Bewegung nennt. Weil man nun eine jede Bewegung als Wirkung einer gewissen Kraft betrachten kann, so folgt hieraus, daß es Fälle gibt, daß zwey oder mehrere Kräfte, welche an irgend einer Stelle nach verschiedenen Richtungen wirken, das nähmliche ausrichten, was eine einzige Kraft vermag, welche nach einer gewissen zwischen jene fallenden Richtung wirkte.

Wenn (fig. 55.) im Körper a zwey gleichförmige Bewegungen zugleich hervorgebracht und unterhalten werden, deren eine derselben in einer bestimmten Zeit durch den Raum ad, die andere in derselben Zeit durch ac führen würde, so

 entsteht

entsteht aus beyden eine zusammengesetzte Bewegung, welche ihn in eben der Zeit durch a b, die Diagonale des Parallelogramms a c b d, führen würde. M. s. **Bewegung, zusammengesetzte.** Gedenkt man sich nun die Bewegungen durch a d und a c als Wirkungen von Kräften, deren Richtungen nach a d und a c gehen, und deren Größen sich wie diese Linien verhalten, so wird natürlich die zusammengesetzte Bewegung a b als eine Wirkung einer Kraft vorgestellt werden können, deren Richtung nach a b geht, und deren Größe sich zu den beyden vorigen, wie a b zu a d und zu a c verhält. Hier muß also die Kraft nach der Richtung a b eben das ausrichten, was die beyden Kräfte nach den Richtungen a d und a c zusammen bewirken. Eine solche Verbindung mehrerer einfachen Bewegungen zu einer zusammengesetzten, oder mehrerer Kräfte zu einer einzigen, welche eben so wirkt, wie jene alle zusammen, heißt **Zusammensetzung der Bewegungen und der Kräfte.** Bey den Kräften besonders heißen auch die zusammenkommenden selbst und ihre Richtungen die äußern, die aus allen zusammen entspringende die mittlere Kraft, und ihre Richtung die mittlere Richtung.

Von der Zusammensetzung der Bewegung ist bereits unter dem Artikel **Bewegung, zusammengesetzte,** gehandelt worden. Auch ist daselbst gezeigt, worauf es hierbey vorzüglich ankomme, um sie gehörig zu erklären und einzusehen.

Man hat die Zusammensetzung durch einen Versuch, welcher ebenfalls unter dem Artikel **Bewegung,** angeführt ist, zu zeigen gesucht, und daraus zu folgern geglaubt, daß sich dagegen gar nichts einwenden lasse. Allein bey diesem Versuche wird vorausgesetzt, daß der Körper a nur alsdann die Diagonale a b durchlaufen wird, wenn man ihn wirklich in jeder Stelle seines Weges gleich stark und gleich schnell nach Richtungen fortschiebt, die mit a d und a c parallel sind. Nun entsteht aber die Frage, ob er noch eben das thun wird, wenn ihm die Geschwindigkeiten nach a d und a c

auf

auf einmahl im Punkte a mitgetheilt werden, ohne auf seine Bewegung weiter zu wirken? Der angeführte Versuch entscheidet das letzte nicht, und ist nur auf das erste anwendbar.

Daher hat man diejenigen mit Recht getadelt, welche den Grundsatz von der zusammengesetzten Bewegung ohne allen weitern Beweis allzu weit ausgedehnt, und die ganze Mechanik daraus herzuleiten gesucht haben. Dahin gehört **Varignon** und selbst **Newton**, welcher in seinen Principien die Theorie des Winkelhebels auf den Satz von zusammengesetzten Bewegungen und Kräften gründet. M. s. **Winkelhebel**.

Andere, als **Daniel Bernoulli**, und **d'Alembert** haben Beweise zu geben versucht, welche auch für den Fall gelten sollten, wenn der Körper während der Bewegung ganz sich selbst überlassen bleibt. Gegen den Beweis des **Bernoulli** ist erinnert worden, er sey zu weitläuftig und enthalte unerwiesene Voraussetzungen. **D'Alembert** stellt sich vor, der Körper liege auf einer Fläche, welche sich in einem Falze der Bewegung gleichförmig entgegenschiebe, während der Falz selbst mit der Fläche zugleich der andern Bewegung ebenfalls gleichförmig entgegengeschoben werde. Hierbey müßte der Körper a in absoluter Ruhe bleiben, weil seine beyden Bewegungen durch die entgegengesetzten, die ihm die Fläche gibt, gerade aufgehoben werden. Weil nun die Fläche geschoben werden soll, d. h., weil immerfortwirkende Kräfte sie gleichförmig bewegen sollen, so wird sie sich nach der Diagonale b a bewegen, und der Körper, der in absoluter Ruhe ist, wird auf ihr die Linie a b beschreiben. Allein hierin liegt offenbar Voraussetzung dessen, was erwiesen werden soll. Denn so bald man annimmt, der Körper ist in absoluter Ruhe, so muß man auch voraussetzen, daß seine Bewegung dem gleichförmigen Fortschieben der Fläche durch b a gerade entgegengesetzt sey, d. h., daß er sich, wenn die Fläche in Ruhe wäre, gleichförmig durch a b bewegen würde.

Noch einen andern Versuch eines solchen Beweises gibt **Brisson**. Aber auch dieser hat einen Fehler. Es war

also nöthig, von dem Grundsatze der Zusammensetzung, der selbst auf die Zusammensetzung der Kräfte ausgedehnt werden könnte, einen allgemeinen Beweis zu geben. Diesen hat nun Herr **Kästner** *) aus der Theorie des Hebels mit vollkommener mathematischer Schärfe abgeleitet. Zuerst erweiset er das Gesetz des Gleichgewichts am geradlinigen Hebel, m. s. **Hebel**, gründet darauf die Theorie des Winkelhebels, und erweiset daraus, daß wenn man (fig. 47.) auf den Richtungen zweyer Kräfte p und q von dem Punkte m an, wo sie einander schneiden, zwey Linien mt, mv nimmt, die sich wie die Kräfte p, q verhalten, und das Parallelogramm mtbv unter diesen Linien ergänzt, alsdann die Diagonale desselben bm die mittlere Richtung sey, d. h., daß sie beyden Kräften p und q nach den Richtungen mp, mq zusammen den Punkt m eben so beschleunigen, wie eine einzige Kraft, welche auf ihn nach der Richtung mb wirkte. M. s. **Winkelhebel**.

Nun ist noch zu erweisen übrig, daß diese mittlere nach mb wirkende Kraft auch der Größe oder der Stärke nach der Diagonale mb proportional seyn müsse, d. h., daß sie sich zu den beyden äußern Kräften wie mb zu mt, mv verhalten müsse. Diesen Beweis gibt **Kästner** auf diese Art:

Wenn (fig. 61.) auf c zwey Kräfte wirken, deren Richtungen und Größen durch cb und cd ausgedrückt werden, und das Parallelogramm abcd ergänzt wird, so gibt dessen Diagonale ca dem vorigen gemäß die mittlere Richtung. Man fragt nun nach der Größe dieser nach ca gerichteten Kraft, welche eben so viel, als cb und cd zusammen, wirken soll. Man nehme an, diese Größe sey x. Nun stelle man sich die Verlängerung von ca als einen Faden cf vor, so wird an diesen Faden eine Kraft nach cf ziehen können. Wenn nun diese gerade den Punkt c zurück halten soll, daß ihn die Kräfte nach cb und cd nicht nach ca treiben, so

muß

*) Progr. vectis et compositionis virium theoria euidentius exposita. Lips. 1753. 4.

muß sie der mittleren Kraft entgegengesetzt und gleich, mithin = x seyn.

Weil aber die drey Kräfte x, cb und cd einander an c gerade im Gleichgewichte erhalten sollen, so kann man auch x und cd als ein Paar äußere ansehen, aus welchen eine mittlere entstehen muß, die mit cb das Gleichgewicht hält, folglich cb gerade entgegengesetzt seyn muß. Also gibt cb verlängert, ce die Diagonale des Parallelogramms unter den äußern Kräften x und cd. Man setze nun, ce soll = x seyn, so daß das Parallelogramm cfed werde; so muß der Punkt f so liegen, daß fe = cd = ba, und weil der Punkt e in der verlängerten bc seyn muß, so ist cab = cfe, und die Dreyecke cab und cfe decken einander. Mithin ist ce = cb, und cf = ca = x. Also stellt die Diagonale ca nicht nur die Richtung, sondern auch die Größe der mittleren Kraft zu den beyden äußern cd und cb vor.

Wenn also ein Punkt von zwey Kräften zugleich getrieben wird, welche sich den Richtungen und Größen nach, wie die Linien cd und cb verhalten, so wiederfährt ihm eben so viel, als ob ihn nur eine einzige Kraft triebe, deren Richtung und Größe durch die Diagonale eines Parallelogramms ausgedrückt wird. Auf solche Art lassen sich Kräfte völlig nach eben den Regeln, wie Bewegungen, zusammensetzen.

Die mittlere Kraft kann nie so groß seyn, als die Summe der beyden Seitenkräfte, weil die Diagonale allemahl kleiner als die Summe seiner beyden Seiten ist. Bey der Zusammensetzung geht also allemahl etwas von der Summe der Kräfte verloren.

Sind die äußern Kräfte cb = q, cd = p nebst dem Winkel ihrer Richtungen dcb = α bekannt, so findet man mit Hülfe der Trigonometrie die mittlere Kraft, oder

$$ca = \surd(p^2 + q^2 - 2p \cdot q \cdot \text{cos}. \alpha)$$

$$\text{sin}. dca = \frac{q \cdot \text{sin}. \alpha}{ca} \text{ und}$$

sin.

$$\sin. acb = \frac{p . \sin. \alpha}{ca};$$

auch verhalten sich p und q wie die sin. acb und sin dca, oder die äußern Kräfte verhalten sich verkehrt, wie die Sinus der Winkel, die sie mit der mittleren machen. Ferner hat man

$$ca : p = \sin. \alpha : \sin. acb \text{ und}$$
$$ca : q = \sin \alpha : \sin. dca$$

oder: die mittlere Kraft verhält sich zu jeder äußern, wie der Sinus des Winkels beyder äußern zum Sinus des Winkels der andern äußern mit der mittleren.

Wenn drey und mehrere Kräfte zusammen kommen, so kann man zuerst zwey davon zusammensetzen, dann die daraus entstandene mittlere Kraft, als eine äußere betrachtet, mit der dritten u. s. f. zusammensetzen.

Hieraus läßt sich nun auch sehr leicht Stevins Grundsatz ableiten. M. s. Gleichgewicht.

Wenn die Kräfte keine gleichförmige, sondern veränderte Bewegungen erzeugen, so kann man selbige wenigstens in unendlich kleinen Zeittheilchen als gleichförmig betrachten, und aus der Zusammensetzung der Elemente des Weges Differenzialgleichungen herleiten. Auf solche Art wird man leicht finden, daß die zusammengesetzte Bewegung geradlinig bleibt, wenn die äußern Kräfte nur immer parallel, und die Geschwindigkeiten, die sie an jeder Stelle des Weges erzeugen, in einerley Verhältnisse bleiben. Aendern sich dagegen die Richtungen, oder die Verhältnisse der Geschwindigkeiten, so wird der Weg eine krumme Linie, deren Natur aus jenen Differenzialgleichungen gefunden werden muß. Es bleibt also die Zusammensetzung der Bewegung und der Kräfte immer der Grund, auf welchen die meisten Untersuchungen der höhern Mechanik, selbst bey krummlinigen Bewegungen gebauet werden müssen.

Alle diese Lehren sind überhaupt in der Anwendung ganz ungemein reichhaltig, wovon man vieles beym Musschenbroek findet.

M. s. *Musschenbroek* introd. ad philos. natur. Tom. I. §. 572 sqq. Kästner Anfangsgr. der Mechanik § 60 ff.

Zusammenziehung s. Verdichtung.

Zweyschattige (amphiscii, amphisciens) heißen die Bewohner der heißen Zone, deren Schatten bald nordwärts, bald südwärts fällt. Für jeden Ort der heißen Zone gibt es im Jahre zwey Tage, an welchen die Sonne durch den Scheitel geht, an diesen Tagen sind die Bewohner dieses Orts unschattig. Zwischen diesen Tagen aber geht die Sonne in dem einen Theile des Jahres südwärts, im andern nordwärts des Scheitels durch den Mittagskreis, und die Schatten fallen in jenem Theile nach Norden, in diesem nach Süden; daher ist die Benennung Zweyschattige entstanden.

Zwischenmittel (intermedium, intermède, corps intermédiaire). Mit diesem allgemeinen Ausdrucke bezeichnet man diejenigen Materien, vermittelst deren sich Wirkungen von einem Körper zu einem andern entferntern fortpflanzen, diese Fortpflanzung mag nun entweder durch wirklichen Uebergang einer Materie von einem Orte zum andern, oder durch bloße in den materiellen Theilen der Materie fortgepflanzte Stöße oder Schwingungen geschehen. So ist die Luft das Zwischenmittel, in welchem der Schall eines schallenden Körpers fortgepflanzt wird. Daß aber auch unmittelbare Wirkungen in der Entfernung ohne Zwischenmittel Statt finden, ist unter dem Artikel Gravitation gezeigt worden.

In der Chemie versteht man unter einem Zwischenmittel eine Substanz, welche zwey andere, welche unmittelbar mit einander nicht verwandt sind, durch seine Verwandtschaft mit beyden vereinigt. M. s. Verwandtschaft.

Zwischenräume der Körper, Poren (pori, intervalla, interstitia corporum, pores, interstices des corps) heißen diejenigen Räume, welche innerhalb der Gränzen eines Körpers von der ihm eigenen Materie nicht ausgefüllt werden. Es gibt unzählige Körper, bey welchen man dergleichen Zwischenräume schon mit bloßen Augen wahrnimmt. Dagegen gibt es aber auch Körper, besonders die flüssigen,

bey

Digitized by Google

bey welchen man selbst mit den besten Vergrößerungsgläsern keine solche wahrnehmen kann.

Indessen folgt aus der Wahrnehmung, daß die meisten uns bekannten Körper Zwischenräume besitzen, noch nicht, daß überhaupt Materie Räume enthalten müsse, welche von aller Materie leer wären, so daß also eine zerstreuete Leere Statt finde. Das atomistische System ist freylich genöthigt, eine dergleichen zerstreuete Leere der Materie anzunehmen, weil es absolut undurchdringliche Materie annimmt, und daher bloß durch leere Zwischenräume die verschiedenen Grade der Dichtigkeiten der Materien begreiflich machen kann. Hierauf beruhen nun auch alle diejenigen Gründe, welche man zum Beweise für das Daseyn der Zwischenräume angeführt hat, wovon vorzüglich **Musschenbroek** nachgesehen werden kann. Es ist aber bereits unter dem Artikel **Grundkräfte** gezeigt worden, welchen Schwierigkeiten man ausgesetzt ist, leere Zwischenräume anzunehmen.

Vielmehr läßt sich nach der dynamischen Lehre, wenn sie der Physik zum Grunde gelegt wird, weit natürlicher darthun, daß alle Räume voll sind, und die Dichtigkeiten der Materien bloß von den Intensitäten ihrer Grundkräfte gegen einander abhängen. Um aber alle Wiederhohlungen zu vermeiden, verweise ich auf den Artikel **Grundkräfte**.

---

u
a
f 73
70
67
64
61
4. e
5. 58
55
52
49
5 d. 46
c
e
b d
c
l
13
p 9
S
A a c e g B
k
m
n
b d f h
C D
b d f h

19.

41.

57.

Digitized by Google